נוסחת ההצלחה

בפיזיקה

מכניקה 5 יח"ל | שאלון 036-361

מחבר: **עידו מרבך**

- תקצירים מקיפים ודפי נוסחאות
- 15 בחינות מתכונת עם פתרונות סופיים
- קוד QR לפתרונות מלאים
- פורום תמיכה באתר אנקורי www.ankori.co.il

מותאם לבחינת הבגרות [70%]
החל ממועד קיץ 2019

אנקורי
בחירה שעושה שכל

המורים שכתבו את הספר
מחכים לכם פה

אנקורי בגרות ופסיכומטרי

רשת החינוך אנקורי מזמינה אתכם לעבור את התקופה הקרובה יחד, היכנסו לאתר שלנו ונלווה אתכם להצלחה:

- שאלות ותשובות עם מחברי הספר
- מבחנים ודפי תרגול
- חומר לימודי נוסף
- ייעוץ, ליווי והכוונה

לרכישת ספרים נוספים,
היכנסו לאתר אנקורי: www.ankori.co.il

הדפסה ראשונה דצמבר 2018

רח' סירקין 3, תל אביב 63562. טל' 03-6800100, 85-85-85-1800

מורים ותלמידים יקרים

על הספר

ספר זה כולל 15 מבחני מתכונת במכניקה, בדיוק בנוסח בחינת הבגרות הקרובה, בהתאם לתוכנית הלימודים שפרסם משרד החינוך. כמו כן הספר מכיל תקצירים לכל הנושאים עליהם אתם נבחנים, ודפי נוסחאות ונתונים, כפי שתתקבלו במהלך הבחינה.

השאלות שמות דגש על צורות החשיבה הנדרשות, תוך יישום טכניקות מתמטיות ושילוב גרפים.

כל הבחינות בספר כוללות פתרונות סופיים.

בדפי השער של הפתרונות יש קישור בקוד QR, שפותח קובץ עם פתרונות מלאים, כך שאתם מגובים לכל אורך הדרך בפתרונות מלאים ומפורטים לכל השאלות.

הסבר על קוד קישור QR

זהו קוד בצורת תמונה. מורידים בסמארטפונים את האפליקציה QR reader.

כשרוצים לצפות בקישור, פותחים את האפליקציה, מכוונים את המצלמה, כך שתתפוס את התמונה, והסמארטפון יקשר אתכם לאתר המתאים.

למשל :



אתר אנקורי

נסו לשים את המצלמה על התמונה, ואמור להיפתח לכם הקישור לאתר אנקורי.

(אם מכשירכם לא מצליח להתמקד על התמונה, נסו להקליק על מרכז המסך, על מנת שהמכשיר יתמקד יותר טוב, או להרחיק\לקרב את המצלמה לתמונה).

מבנה הבחינה

הבחינה כוללת 6 שאלות.

שאלות 1-4 עוסקות בנושאים : קינמטיקה, דינמיקה (כולל תנועה מעגלית), תנע, ואנרגיה (כולל קפיצים).

שאלה מספר 5 עוסקת בתנועה הרמונית.

שאלה מספר 6 עוסקת בכבידה (כולל אנרגיה כובדית).

בבחינה עצמה יש לענות סה"כ על 3 שאלות מתוך ה-6.

שימוש בספר

אני ממליץ בחום על שיטת הלימוד הבאה :

בבחינות 1-9 יש לפתור את כל השאלות ללא בחירה. גם אם לא הולך חלק, ויש קשיים, התשובות המלאות והמפורטות יסבירו בדיוק כיצד לגשת לתרגיל ולהתמודד איתו.

שתי השאלות האחרונות (הרמונית וכבידה) הן וודאיות, כך שאחרי 9 הבחינות הראשונות, ניתן כבר לקבל כיוון כיצד תהיה הבחירה הנכונה לכל אחד.

במבחנים 10-15 יש לערוך סימולציות עם בחירה, בדיוק כפי שיהיה במבחן עצמו. לאחר בדיקת הפתרונות, והערכה בציון שהיה מתקבל, כדאי גם לפתור את התרגילים הנותרים. אם יש צורך, היעזרו בפתרונות המלאים.

הרעיון מאחורי שיטת לימוד זו, הוא שבבחינות הראשונות, התלמיד נחשף לצורות ההתמודדות השונות עם החומר, ולומד תוך כדי נסיונותיו לפתור את השאלות. הבחינות הראשונות אינן בוחנות את התלמיד, אלא מקנות לו את כלי העבודה הנדרשים, ומשלימות את הידע שצבר בבית הספר. בבחינות האחרות התלמיד מיישם מה שלמד, ובוחן את ידיעותיו. הספר עובר על כל צורות החשיבה, הן מבחינה פיסיקלית, הן מבחינה מתמטית, והן בנושא שילוב גרפים בתרגילים. תלמיד שיסיים לעבור על הבחינות בספר זה - יהיו לו כל הכלים הפיסיקליים והמתמטיים להתמודד עם בחינת הבגרות.

סעיפי רשות

בשאלות רבות בספר תראו סעיפי רשות.

סעיפים אלה לא תמיד נקבעו כסעיפי "רשות" בגלל רמת הקושי, אלא בגלל שהשאלה איתן ארוכה מעבר למה שתישאלו בבגרות. סעיפים אלה הוספו כדי לתת תמונה כוללת יותר על השאלה, והם מהווים אימון מעולה לאלה שרוצים להתחדד יותר בחומר.

מי שמעוניין אם כן להתאמן ולחדד את עצמו, ינסה לפתור סעיפים אלו.

מי שמעוניין לעשות סימולציה ממש כפי שיהיה בבגרות, רשאי לדלג עליהם.

קישור לפתרונות מלאים

הקוד המצורף יפתח לכם קישור לפתרונות מלאים לכל 15 הבחינות בספר.



במידה והסמארטפון שלכם לא מציג את תוכן הקבצים בצורה נעימה לקריאה, העתיקו את כתובת הקישור, ושילחו לעצמכם אותה למייל או לווטסאפ, ומשם תפתחו אותו שוב.

קישור לדפי הערות ותיקונים

הקוד המצורף יפתח לכם קישור לקבצים או הערות הקשורות בספר (במידה ויהיה צורך).



אני מאחל הצלחה לכל התלמידים הניגשים לבחינת הבגרות במכניקה, ובטוחני שהספר ישרת אתכם נאמנה.

בברכה

עידו מרבד

תוכן העניינים

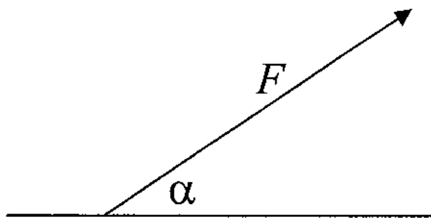
תקציר מכניקה

וקטורים

וקטור

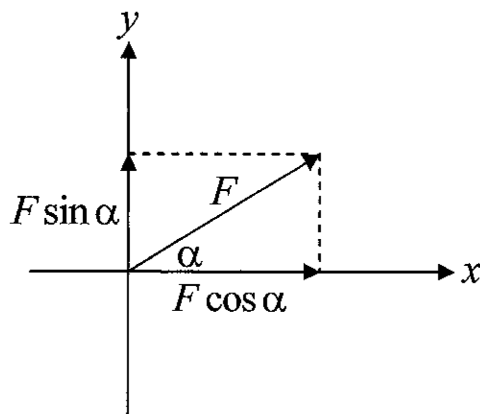
הוקטור הוא חץ בעל גודל וכיוון

כל עוד גודלו וכיוונו של החץ נשמרים (אפילו אם מזיזים אותו), הוקטור לא משתנה.



כל וקטור ניתן לפרק ל 2 וקטורים השקולים אליו- האחד על ציר ה x והשני על ציר ה y.

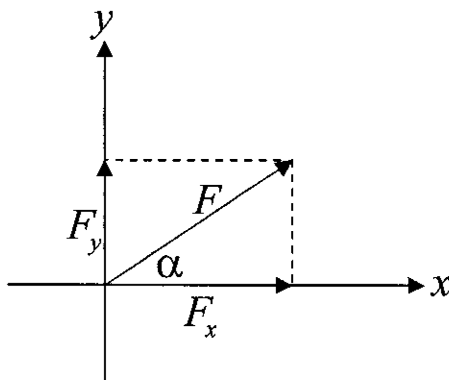
שני וקטורים אלה מחליפים את הוקטור המקורי.



$$\cos\alpha = \frac{F_x}{F} \Rightarrow \boxed{F_x = F\cos\alpha}$$

$$\sin\alpha = \frac{F_y}{F} \Rightarrow \boxed{F_y = F\sin\alpha}$$

באותו אופן ניתן להרכיב מ 2 וקטורים המונחים על הצירים, וקטור השקול לשניהם (חיבור וקטורי).



$$\boxed{F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}}$$

$$\boxed{tg\alpha = \frac{F_y}{F_x}}$$

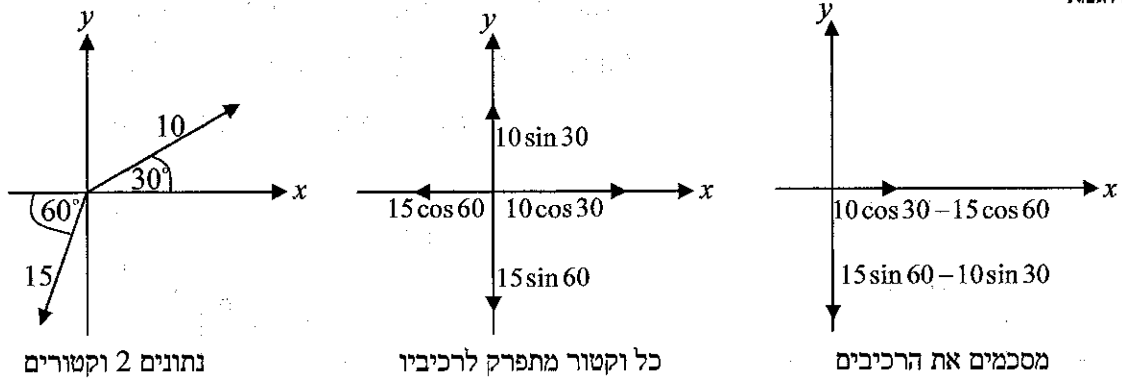
הזווית α תמיד תהיה בין הוקטור לציר ה x.

חיבור\חיסור וקטורים

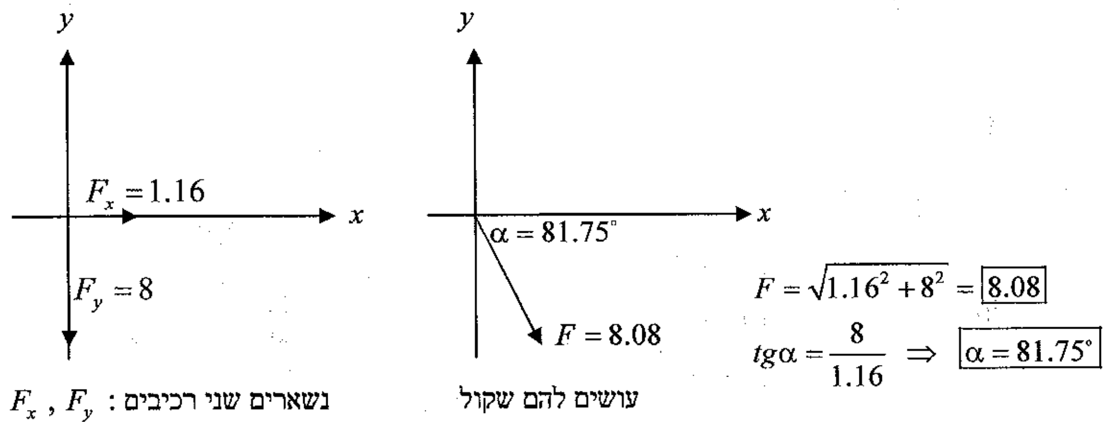
הרעיון הוא לפרק כל וקטור לציר ה x ולציר ה y.

אח"כ יש לחבר\לחסר את הרכיבים של הוקטורים לפי כיוונם, ולהרכיב מהם שקול חדש.

דוגמא



נתונים 2 וקטורים — כל וקטור מתפרק לרכיביו — מסכמים את הרכיבים



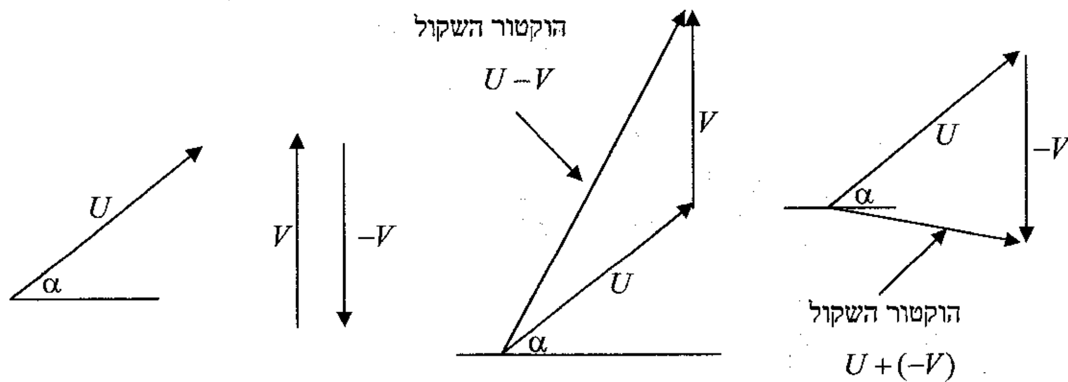
$$F = \sqrt{1.16^2 + 8^2} = \boxed{8.08}$$

$$tg\alpha = \frac{8}{1.16} \Rightarrow \boxed{\alpha = 81.75^\circ}$$

נשארים שני רכיבים : F_x , F_y — עושים להם שקול

שיטה נוספת לחיבור וקטורים

מחברים ראש לזנב :



כוחות

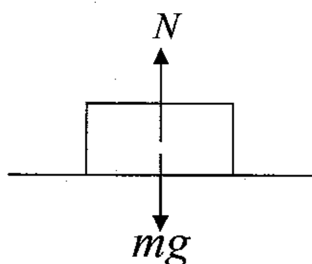
סימוני כוחות בסיסיים

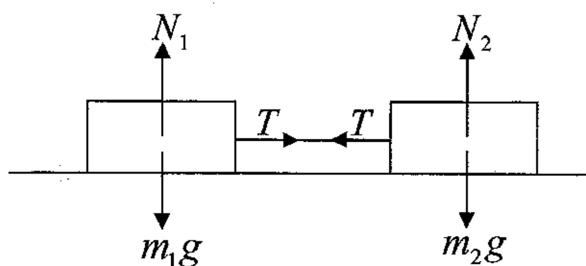
mg : הכוח שמושך כדור הארץ גופים

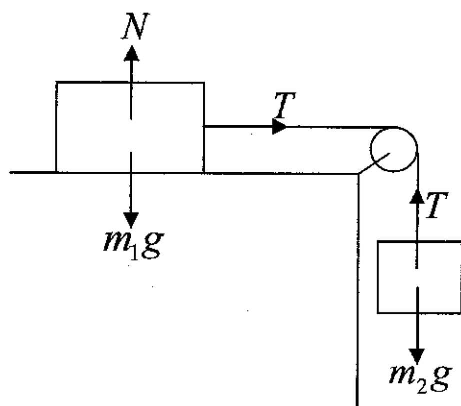
N : הכוח שמפעיל משטח על גוף (תמיד ניצב למשטח)

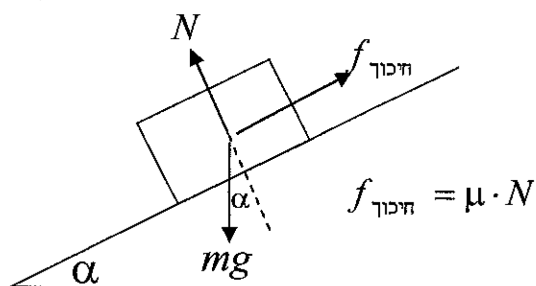
T : מתיחות של חבל (תמיד בכיוון הפונה החוצה מהגוף)

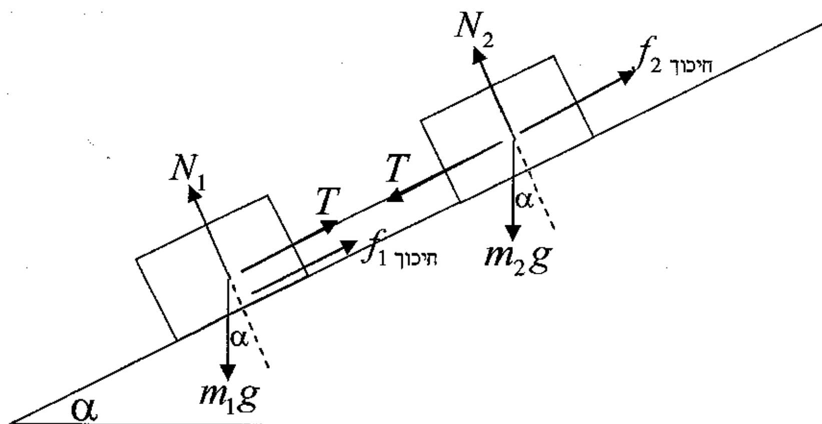
$f_{\text{חיכוך}}$: כוח החיכוך (תמיד נגד כיוון התנועה).











חוקי ניוטון

חוק ראשון :	גוף נשאר במצבו כל עוד לא פועלים עליו כוחות.
חוק שני :	שקול הכוחות הפועלים על גוף שווה למסתו כפול תאוצתו.
חוק שלישי :	אם גוף מפעיל כוח על גוף אחר, הגוף האחר יחזיר לו את אותו הכוח בכיוון הנגדי.

ניתוח מערכות

הרעיון באופן כללי הוא לרשום את הכוחות הפועלים על כל גוף

גוף ששקול הכוחות עליו הוא 0 ימשיך להשאר במצבו (כלומר מהירות קבועה או מנוחה)

גוף ששקול הכוחות עליו אינו 0 ינוע בתאוצה בכיוון הכח השקול

בשיווי משקל : הכוחות בכיוון האחד = הכוחות בכיוון השני.

בתאוצה : הכוחות בכיוון התנועה פחות הכוחות נגד כיוון התנועה = מסת הגוף כפול תאוצתו.

החיכוך

קיימים 2 סוגים של כוח חיכוך : סטטי וקינטי

החיכוך הסטטי

החיכוך הסטטי פועל על גוף במנוחה.

החיכוך הסטטי <u>המקסימלי</u> שגוף יכול להרגיש הינו $f_{s,amx} = \mu_s \cdot N$. כל עוד הכוחות המושכים את הגוף קטנים מכוח זה, החיכוך יהיה זהה לכוחות המושכים, ויישאר במנוחה. ברגע שהכוחות המושכים גדולים יותר מהחיכוך הסטטי המקסימלי, הגוף יתחיל לנוע וירגיש חיכוך קינטי.

החיכוך הקינטי

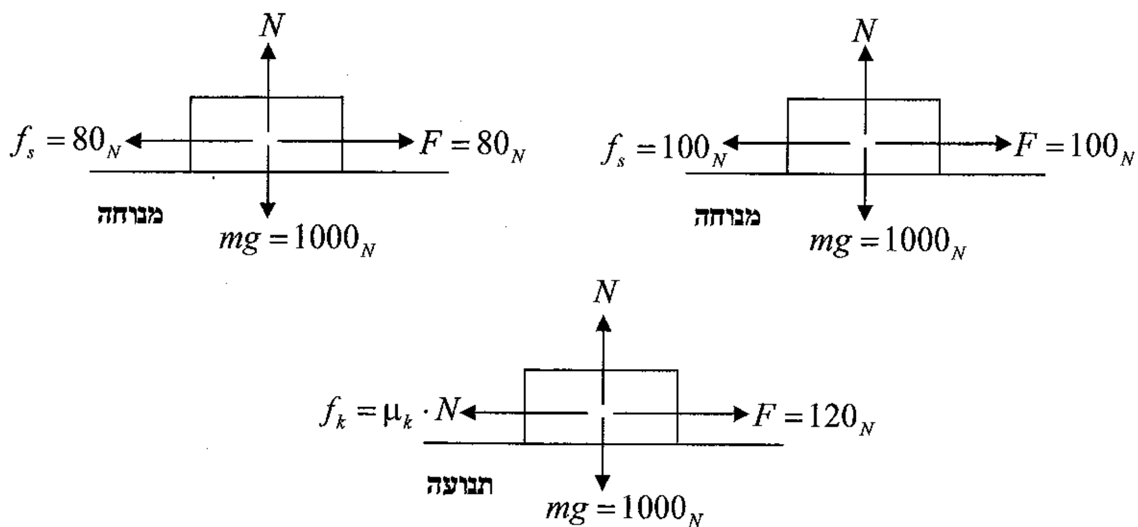
החיכוך הקינטי פועל על גוף בתנועה.

החיכוך הקינטי שגוף מרגיש כאשר הוא בתנועה הינו $f_k = \mu_k \cdot N$.

דוגמא :

בדוגמא הבאה, כוח החיכוך המקסימלי שהגוף יכול להרגיש הוא 100 ניוטון. אם הגוף יימשך בכוח הגדול מ 100 ניוטון הוא יזוז, אחרת יישאר במנוחה.

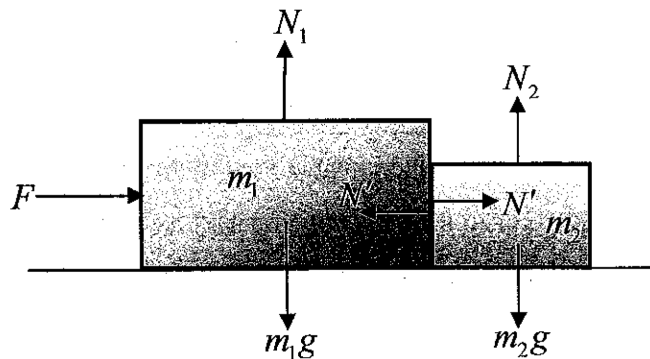
$$\mu_s = 0.1$$
$$f_{s,\max} = \mu_s \cdot N = 0.1 \cdot 1000 = 100_N$$



גוף דוחף גוף

סימוני כוחות :

F	הכוח בו נדחף הגוף השמאלי
N_2	הכוח שהרצפה מפעילה על המסה m_2
N_1	הכוח שהרצפה מפעילה על המסה m_1
N'	הכוח שהגופים מפעילים זה על זה
m_1g	הכוח שכדוה"א מפעיל על המסה m_1
m_2g	הכוח שכדוה"א מפעיל על המסה m_2



המשוואות על הגוף הימני

$$N' = m_2a$$

$$m_2g = N_2$$

המשוואות על הגוף השמאלי

$$F - N' = m_1a$$

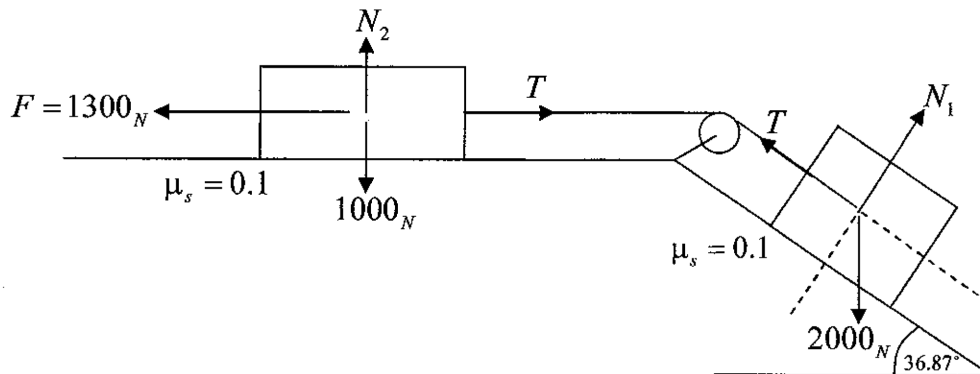
$$m_1g = N_1$$

דגשים חשובים

כאשר לא יודעים את כיוון התנועה, בודקים את סך כל הכוחות המושכים את המערכת בכיוון אחד מול סך כל הכוחות המושכים את המערכת לצד הנגדי **ללא החיכוך**. (אין צורך להתייחס לכוחות פנימיים במערכת כמו מתיחויות חבלים). אם צד אחד מושך יותר, אז הנטייה של המערכת תהייה לנוע לכיוון שלו.

יש לסמן את כוחות החיכוך בכיוון הנגדי ולבדוק אם הכוחות המושכים מסוגלים להתגבר גם על החיכוכים הסטטיים המקסימליים. אם כן, אז המערכת תנוע.

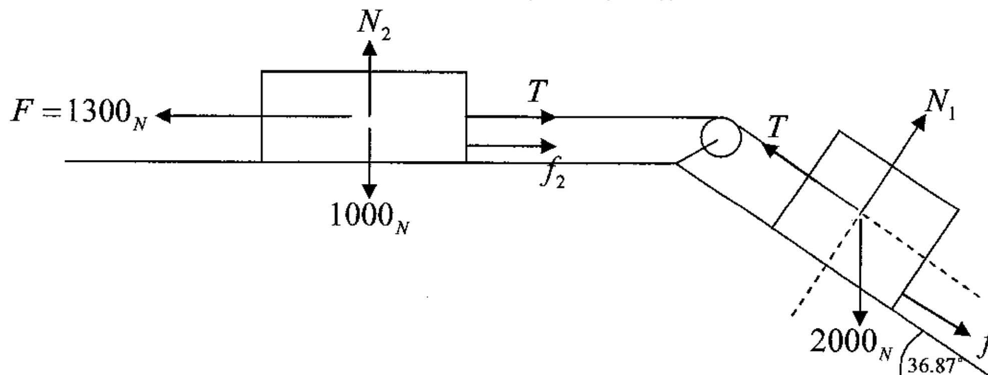
דוגמא :



הכוח המושך את המערכת שמאלה הוא 1300 ניוטון.

הכוח המושך את המערכת למטה הוא : $2000 \cdot \sin 36.87 = 1200$ ניוטון.

מכאן שנטיית המערכת לנוע היא שמאלה. לכן, כיוון החיכוך יהיה ימינה.



כדי שהמערכת תנוע, הכוח המושך 1300 ניוטון, חייב להתגבר לא רק על 1200 ניוטון, אלא גם על החיכוך הסטטי המקסימלי שהגופים יכולים להרגיש.

גוף 1 יכול להרגיש : $f_{1(s,\max)} = \mu_s \cdot N_1 = 0.1 \cdot 2000 \cos 36.87 = \boxed{160_N}$

גוף 2 יכול להרגיש : $f_{2(s,\max)} = \mu_s \cdot N_2 = 0.1 \cdot 1000 = \boxed{100_N}$

1300 ניוטון אינו מתגבר על 1200 ניוטון + 160 ניוטון + 100 ניוטון, ולכן המערכת תשאר במנוחה!

המערכת תנוע שמאלה רק אם הכוח המושך F , יהיה גדול מ 1460 ניוטון (1200+100+160).

במקרה כזה, החיכוכים יהיו קינטיים.

קינמטיקה

הגדרות בסיסיות

$$x = x_0 + \frac{v_0 + v_t}{2} \cdot t$$
$$v_t = v_0 + at$$
$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$
$$2a(x - x_0) = {v_t}^2 - {v_0}^2$$

v_0 : מהירות התחלתית של גוף.

v_t : מהירות סופית של גוף.

t : פרק הזמן שלקח לגוף להאיץ ממהירותו ההתחלתית למהירותו הסופית.

a : תאוצה של גוף.

x_0 : מיקום הגוף בתחילת המסלול (בדר"כ נגדיר $x_0 = 0$).

x : מיקום הגוף בסוף המסלול.

$x - x_0$: העתק הגוף (המרחק מנקודת המוצא).

$\bar{v}$: מהירות ממוצעת – סה"כ העתק חלקי סה"כ זמן.

כאשר המהירות קבועה : $x = x_0 + vt$ (v היא המהירות הקבועה)

נפילה חופשית

$$v_0 = 0$$
$$a = g = 10 \, \frac{m}{s^2}$$

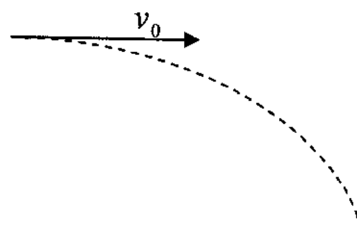
הכיוון החיובי

זריקה כלפי מעלה

$$a = -g = -10 \, \frac{m}{s^2}$$

הכיוון החיובי

זריקה אופקית

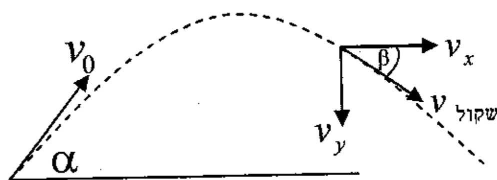


ציר x	ציר y
מהירות קבועה	נפילה חופשית
$x = x_0 + v \cdot t$	$v_0 = 0$ $a = g = 10 \, \frac{m}{s^2}$

תקציר מכניקה

זריקה בזווית

ציר x	ציר y
מהירות קבועה	זריקה כלפי מעלה
$v_x = v_0 \cos\alpha$	$v_{0(y)} = v_0 \sin\alpha$
$x = v_0 \cos\alpha \cdot t$	$a = -g = -10 \frac{m}{s^2}$



$$v_{\text{שקול}} = \sqrt{v_x^{\,2} + v_y^{\,2}}$$

$$tg\beta = \frac{v_y}{v_x}$$

דגשים חשובים

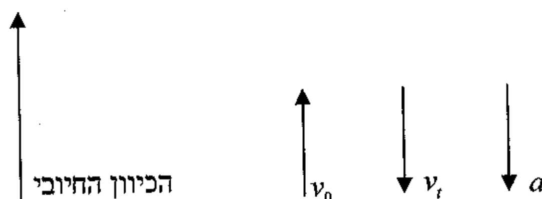
נהוג לבחור את הכיוון החיובי ככיוון תחילת התנועה. סימני המהירויות והתאוצות יותאמו לפי הכיוון הנבחר.

דוגמא :

בדוגמא זו v_0 יהיה חיובי.

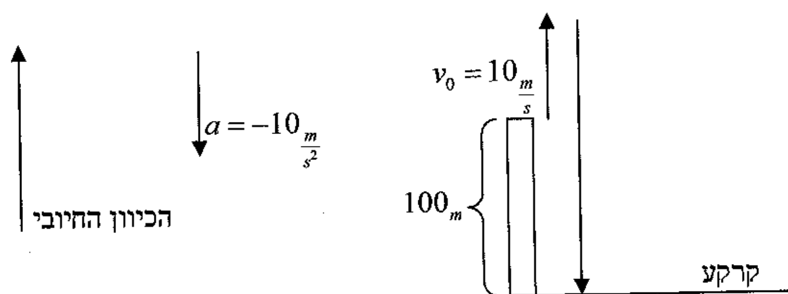
v_t יהיה שלילי.

a יהיה שלילי



כל עוד התאוצה נשארת קבועה (אותו גודל ואותו כיוון), אין צורך לחלק את הקטע לחלקים, אפילו אם הגוף משנה את מגמתו.

דוגמא : גוף שנזרק כלפי מעלה ממגדל בגובה 100 מטר, במהירות התחלתית 10 מטר לשנייה.



אם נרצה לחשב למשל, את מהירות הגוף עם הגיעו לקרקע, נסתכל על כל המסלול כעל קטע אחד, מכיוון שהתאוצה אינה משתנה. נבחר את הקרקע כראשית הצירים, ומכאן :

$x_0 = 100_m$

$v_0 = 10_{\frac{m}{s}}$

$a = -10_{\frac{m}{s^2}}$

$x = 0$

$$2a(x - x_0) = v_t^2 - v_0^2 \rightarrow 2\cdot(-10)\cdot(0-100) = v_t^2 - 10^2 \rightarrow v_t^2 = 2100 \rightarrow v_t = \pm 45.83_{\frac{m}{s}}$$

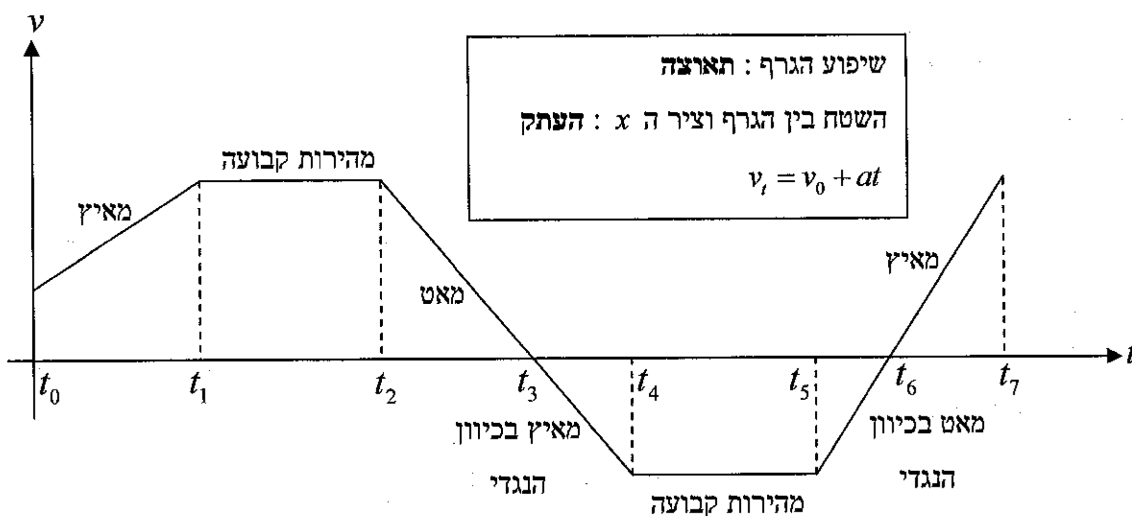
$$v_t = \boxed{-45.83_{\frac{m}{s}}}$$

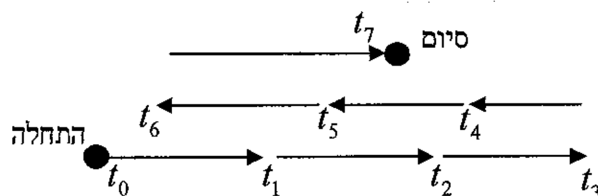
ההעתק שלילי כי נקודת הסיום נמצאת מתחת לנקודת הזריקה, ההפך מהכיוון החיובי.

המהירות הסופית גם היא שלילית כי מגמתה הפוך מהכיוון החיובי.

גרפים

גרף של המהירות כפונקציה של הזמן

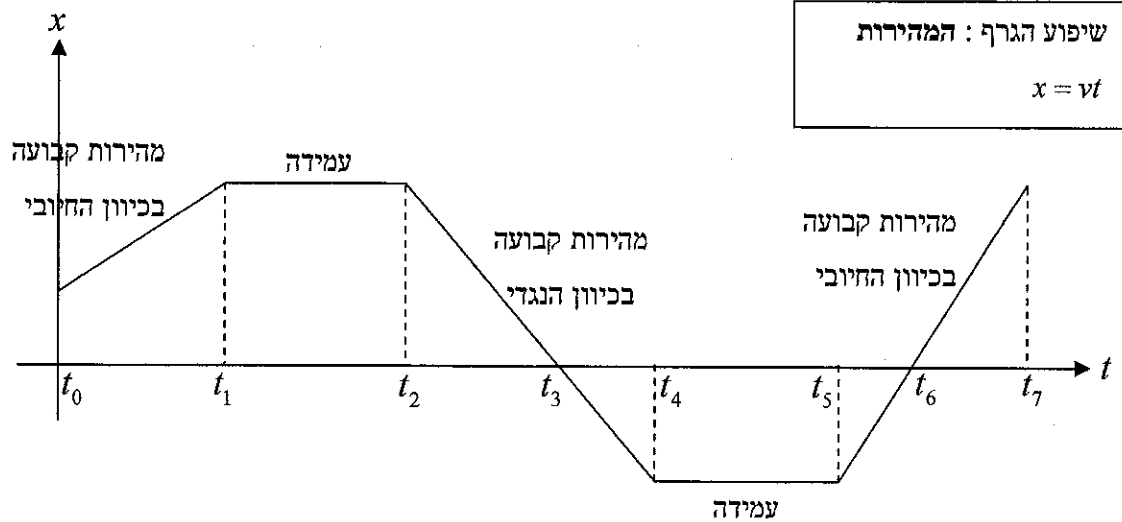




גרף של ההעתק כפונקציה של הזמן עבור תאוצה 0

שיפוע הגרף : **המהירות**

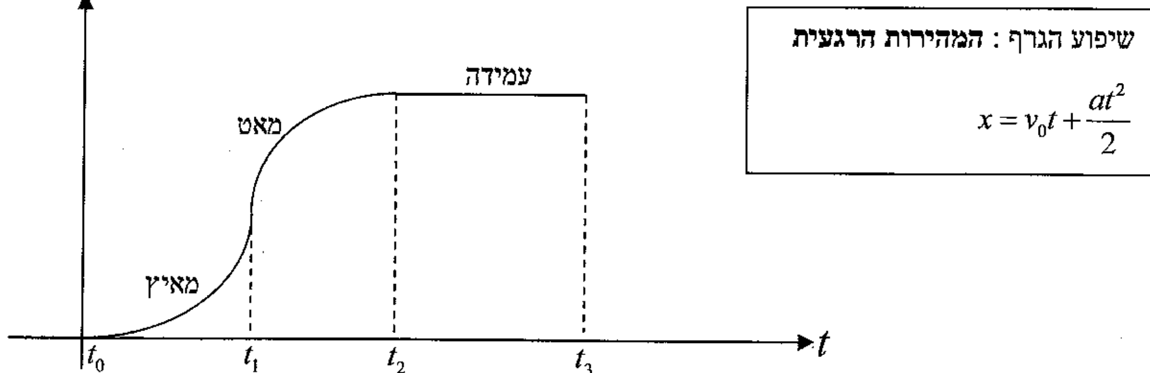
$x = vt$



גרף של ההעתק כפונקציה של הזמן כשיש תאוצה

שיפוע הגרף : **המהירות הרגעית**

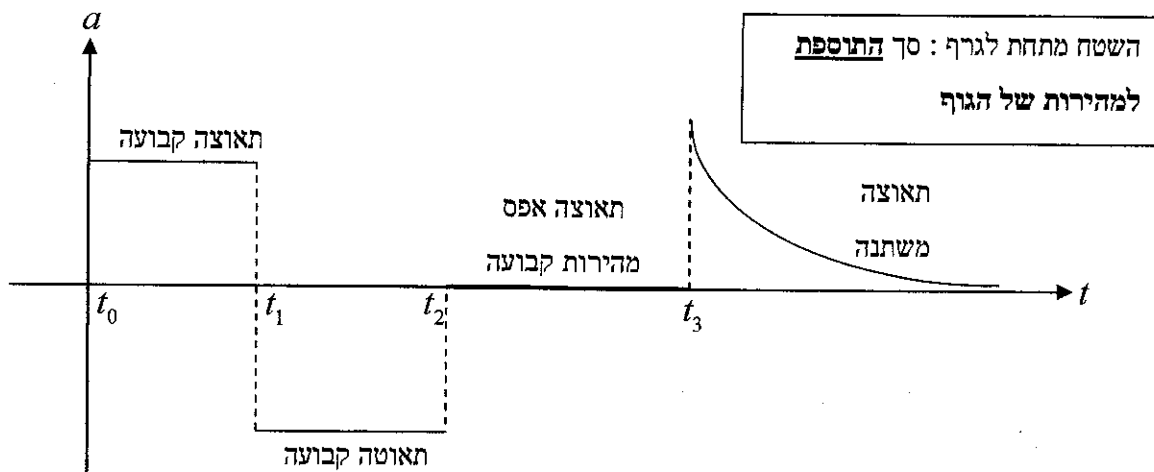
$$x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$



גרף של התאוצה כפונקציה של הזמן

השטח מתחת לגרף : סך **התוספת**

למהירות של הגוף



קפיצים

חוק הוק

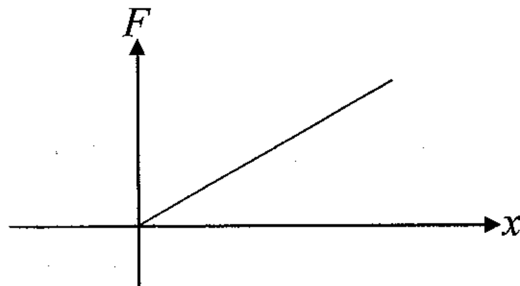
הקפיץ מפעיל כוח ביחס ישר להתארכותו או התכווצותו : $F=-kx$.

כיוון הכוח תמיד הפוך ממגמת המתיחה או הכיווץ.

k קבוע הקפיץ – משמעותו היא גודל הכוח שיש להפעיל על הקפיץ כדי להאריך אותו או לכווץ אותו ב 1 מטר. ככל ש k גדול יותר, כך הקפיץ קשיח יותר.

x מידת התארכותו או התכווצותו של הקפיץ ממצבו הרפוי.

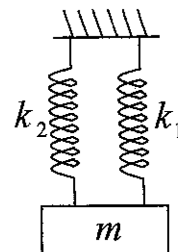
גרף של F כפונקציה של x



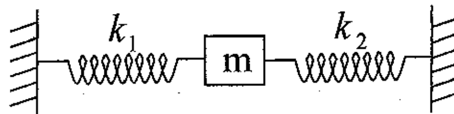
שיפוע הגרף הוא קבוע הקפיץ k .

השטח בין הגרף לציר ה x מייצג את העבודה שהושקעה בכיווץ או במתיחת הקפיץ.

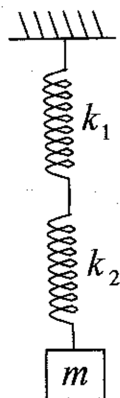
חיבור קפיצים, והמרתם לקפיץ שקול



מערכת מקשיחה : $k_{eq}=k_1+k_2$



מערכת מקשיחה : $k_{eq}=k_1+k_2$



מערכת מגמישה : $\frac{1}{k_{eq}}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$

עבודה ואנרגיה

הגדרות בסיסיות

אנרגיה היא היכולת לבצע עבודה.

אנרגיה פוטנציאלית (אנרגיה של גובה) : $E_p = mgh$ (h = הגובה ממישור ייחוס שנקבע שרירותית)

אנרגיה קינטית (אנרגיה של מהירות) : $E_k = \frac{mv^2}{2}$ (v = מהירות הגוף)

אנרגיה אלסטית (אנרגיה של קפיץ) : $E_{el} = \frac{kx^2}{2}$ (x = בכמה הקפיץ מתוח\מכווץ יחסית למצבו הרפוי, k = קבוע הקפיץ. חוק הוק : $F = k \cdot x$)

עבודה : $W = \sum F \cdot x \cdot \cos\alpha$ (סכום הכוחות, כפול ההעתק שלאורכם הם פעלו, כפול קוסינוס הזווית ביניהם)

כאשר הכוח קבוע ובכיוון ההעתק, העבודה תהיה : $W = F \cdot x$

חוק שימור האנרגיה

באופן כללי, חוק שימור האנרגיה ייראה כך :

האנרגיה בהתחלה, ועוד עבודות הכוחות החיצוניים המושכים, פחות עבודות הכוחות המתנגדים כמו החיכוך, שווה לאנרגיה בסוף.

חוק שימור האנרגיה באופן כללי : $E_{begining} + W_F - W_f = E_{end}$

ניתן גם לנסח את חוק שימור האנרגיה באופן הבא :

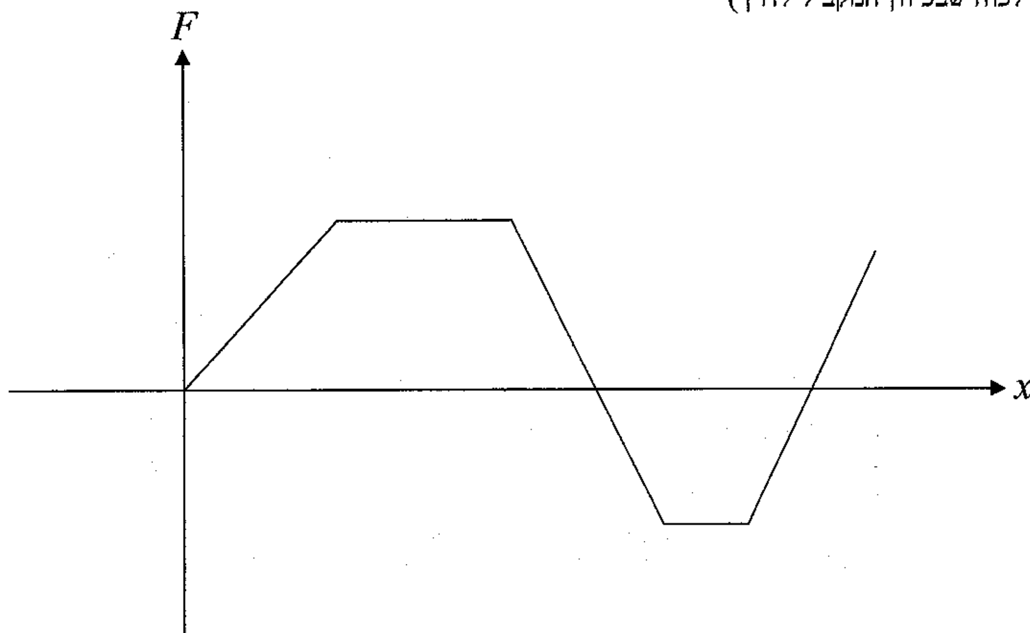
סך כל העבודות שפעלו על הגוף, שווה לשינוי באנרגיה הקינטית של הגוף : $\sum W = \Delta E_k$

כשאין כוחות חיצוניים או חיכוך : $E_{begining} = E_{end}$

דגשים חשובים

1. יש לשים לב שבנקודות ההתחלה או הסוף, יכולות להיות לגוף יותר מסוג אחד של אנרגיה – למשל גם קינטית וגם פוטנציאלית. במקרה זה פשוט סוכמים את האנרגיות.
2. עבור אנרגיה פוטנציאלית, בוחרים מישור ייחוס אקראי. יש לשים לב שאם הגוף מעל מישור הייחוס, הגובה ילקח כחיובי, ואם הגוף מתחת למישור הייחוס, הגובה ילקח כשלילי.
3. בדר"כ מה שיעניין, זו לא אנרגית הגוף, אלא הפרש האנרגיות שיש לגוף בין נקודת ההתחלה לסוף.
4. עבודת כוח הכובד mg, מתבטאת באנרגיה הפוטנציאלית של הגוף mgh. (הכוח mg כפול ההעתק h)
5. הנורמל תמיד יבצע עבודה 0, כי הוא פועל בניצב לדרך.
6. עבודה חיובית משמעותה שהכוח <u>דחף</u> את הגוף לאורך ההעתק, ואילו עבודה שלילית משמעותה שהכוח <u>בלם</u> את הגוף לאורך ההעתק.

גרף של כוח שפעל על גוף, כפונקציה של ההעתק שלאורכו הכוח פעל.
(הכוונה לכוח שבכיוון המקביל לדרך)



השטח מתחת הגרף נותן את עבודת הכוח שפעל על הגוף, שזה גם שינוי האנרגיה של הגוף

$$\sum W = E_{end} - E_{begining} = \Delta E$$

מתקף ותנע

הגדרות בסיסיות

תנע שיש לגוף : $\boxed{P = m \cdot v}$ (תנע = מסת הגוף כפול מהירותו)

מתקף שפעל על גוף : $\boxed{\Delta P = \bar{F} \cdot t}$ (הכוח הממוצע שפעל על הגוף כפול פרק הזמן שהוא פעל עליו)

שינוי בתנע של גוף = המתקף שפעל על הגוף $\boxed{\bar{F} \cdot t = m \cdot u - m \cdot v}$

v = מהירות התחלתית

u = מהירות סופית

התנגשויות בין גופים

כשגוף א מתנגש עם גוף ב, המתקף שמפעיל גוף א על גוף ב זהה <u>בגודלו</u> למתקף שמפעיל גוף ב על גוף א.

כיווני המתקפים נגדיים (לפי החוק השלישי של ניוטון).

$$\bar{F}_{A\to B} \cdot t = m_B \cdot u_B - m_B \cdot v_B$$
$$\bar{F}_{B\to A} \cdot t = m_A \cdot u_A - m_A \cdot v_A$$
$$\bar{F}_{A\to B} \cdot t = -\bar{F}_{B\to A} \cdot t$$
$$m_B \cdot u_B - m_B \cdot v_B = -\left[m_A \cdot u_A - m_A \cdot v_A\right]$$
$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot u_A + m_B \cdot u_B$$

ומכאן חוק שימור התנע :

$$\boxed{\underbrace{m_1 \cdot v_1}_{\text{תנע של גוף 1 לפני ההתנגשות}} + \underbrace{m_2 \cdot v_2}_{\text{תנע של גוף 2 לפני ההתנגשות}} = \underbrace{m_1 \cdot u_1}_{\text{תנע של גוף 1 אחרי ההתנגשות}} + \underbrace{m_2 \cdot u_2}_{\text{תנע של גוף 2 אחרי ההתנגשות}}}$$

כאשר שני גופים מתנגשים, תנע המערכת נשמר כל עוד אין כוחות חיצוניים

ישנם 2 סוגי התנגשויות שימושיים

התנגשות פלסטית : שני הגופים נצמדים זה לזה לאחר ההתנגשות ויש לשניהם את אותה המהירות.

$$\boxed{m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u}$$

התנגשות אלסטית : אין איבוד אנרגיה כתוצאה מההתנגשות.

חוק שימור התנע
חוק שימור האנרגיה

$$\begin{cases} m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2 \\ \dfrac{m_1{v_1}^2}{2} + \dfrac{m_2{v_2}^2}{2} = \dfrac{m_1{u_1}^2}{2} + \dfrac{m_2{u_2}^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1v_1 - m_1u_1 = m_2u_2 - m_2v_2 \\ m_1{v_1}^2 - m_1{u_1}^2 = m_2{u_2}^2 - m_2{v_2}^2 \end{cases}$$

נוסחת הכפל המקוצר :

$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$

$$\begin{cases} m_1(v_1 - u_1) = m_2(u_2 - v_2) \\ m_1({v_1}^2 - {u_1}^2) = m_2({u_2}^2 - {v_2}^2) \end{cases}$$

חלוקת המשוואות זו בזו

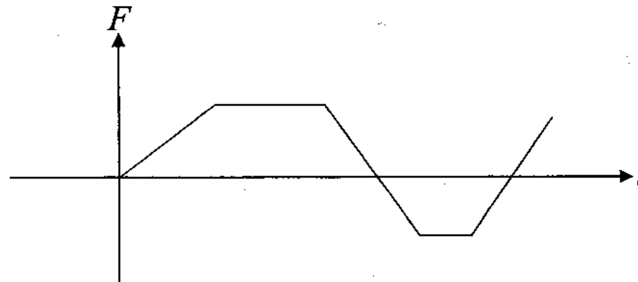
$$\begin{cases} m_1(v_1 - u_1) = m_2(u_2 - v_2) \\ m_1(v_1 - u_1)(v_1 + u_1) = m_2(u_2 - v_2)(u_2 + v_2) \end{cases}$$

$$\boxed{v_1 + u_1 = v_2 + u_2}$$

דגשים חשובים

1. יש לשים לב שתנע הוא וקטור ולכן אם מהירות מסויימת מנוגדת בכיוונה למהירות אחרת, יש לרשום אחת מהן בסימן שלילי.
2. כשגוף מתנגש בקרקע לא נשמר התנע של הגוף בציר האנכי, כי כדוה"א הוא גוף חיצוני למערכת, המפעיל מתקף על הגוף המתנגש בו.

גרף של כוח שפעל על גוף, כפונקציה של הזמן שבו הכוח פעל.



השטח מתחת הגרף נותן את המתקף שפעל על הגוף, שזה גם שינוי התנע של הגוף.

$$\Delta P = mv_{end} - mv_{begining}$$

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית מתרחשת כאשר הכוח הפועל על גוף נשאר תמיד ניצב למהירות של הגוף.

בתנועה מעגלית הגוף מרגיש, שהוא רוצה להיזרק כלפי חוץ (כוח צנטריפוגלי).

הגדרות בסיסיות

זמן מחזור : T הזמן שלוקח לגוף לבצע סיבוב אחד.

תדירות : f מספר הסיבובים שהגוף מבצע בשנייה אחת.

מהירות זוויתית : ω מספר הרדיאנים שהגוף מבצע בשנייה אחת.

מהירות קווית : v המהירות המשיקית שיש לגוף.

קשרים בין הפרמטרים הנ"ל

$$\pi_{radian} \equiv 180^\circ$$

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$\alpha = \omega t$$

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$v = \omega R$$

התאוצה הצנטריפטלית

גוף שמבצע תנועה מעגלית, מאיץ כלפי מרכז המעגל בתאוצה צנטריפטאלית (תאוצה רדיאלית) :

התאוצה הצנטריפטאלית משנה רק את כיוון המהירות ולא את גודלה!

$$\boxed{a_R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R}$$

לכן, לפי החוק השני של ניוטון, שקול הכוחות הרדיאלי הפועל עליו, יהיה : $m \cdot a_R$

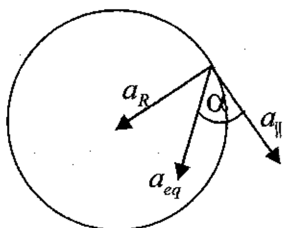
$$\boxed{\frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R} =$$ הכוחות כלפי מרכז המעגל, פחות הכוחות שפונים החוצה

(הכוח הצנטריפטלי)

תאוצה שקולה

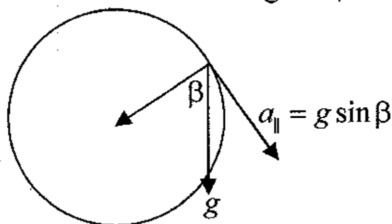
כשגוף מבצע תנועה מעגלית הוא מאיץ כלפי המרכז בתאוצה $a_R = \frac{v^2}{R}$, ובכיוון המשיקי בתאוצה $a_{\parallel}$.

התאוצה השקולה תהייה : $a_{eq} = \sqrt{{a_R}^2 + {a_{\parallel}}^2}$, בזווית $tg\alpha = \frac{a_R}{a_{\parallel}}$.



אם המהירות המשיקית קבועה הרי ש $a_{\parallel} = 0$, ומכאן $a_{eq} = a_R$.

אם המעגל הוא אנכי, התאוצה המשיקית תהייה בהתאם לרכיב המשיקי של g.



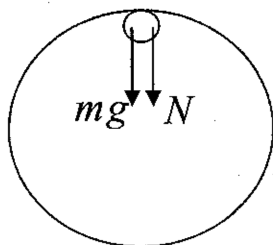
מהירות קריטית

המהירות המינימלית שיש להקנות לגוף, בנקודה העליונה ביותר של מעגל זקוף, כדי שיישאר מחובר למעגל ויצליח לסיים סיבוב מלא.

במקרה הגבולי נדרוש $N = 0$.

(מסתכלים על הנקודה הגבוהה ביותר כי שם הכוח הנורמל N, הוא החלש ביותר.

אם הגוף לא ישתחרר שם, הרי שלא ישתחרר בשאר הנקודות שעל המעגל).



$$mg + 0 = \frac{mv^2}{R}$$

$$\boxed{v = \sqrt{gR}}$$

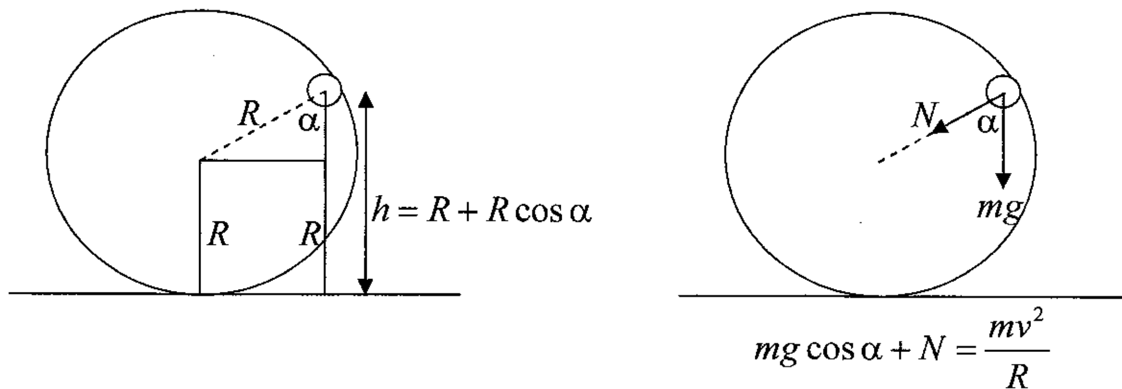
שילוב בין אנרגיה ומעגל זקוף

כשרוצים לדעת מהירות של גוף בנקודה מסויימת על המעגל, ניתן לגלות אותה מחוק שימור האנרגיה.

האנרגיה שיש לגוף בנקודה המבוקשת היא : $E = mgh + \frac{mv^2}{2}$.

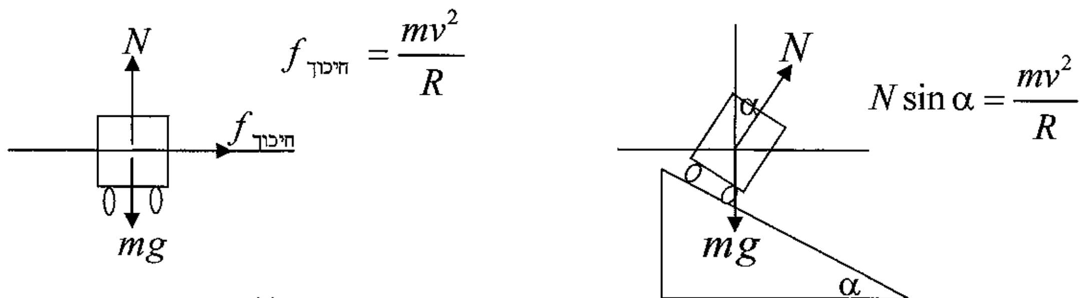
אנרגיה זו אינה משתנה, ולכן אם יודעים את אנרגית הגוף בנקודה אחרת במעגל, ניתן להשוות ביניהן, ולחלץ את v.

לאחר מציאת המהירות ניתן לרשום את משוואת הכוחות, ולהיעזר במהירות שנמצאה.



הגבהת מעקמים

כאשר מכונית נכנסת לסיבוב, נהוג לייצר שיפוע בכביש, שעוזר למכונית לא להחליק. השיפוע תורם רכיב מהכוח הנורמל N לכיוון הרדיאלי, ועוזר להשאיר את המכונית במסלול המעגלי, <u>אפילו אם החיכוך קטן ביותר</u>.



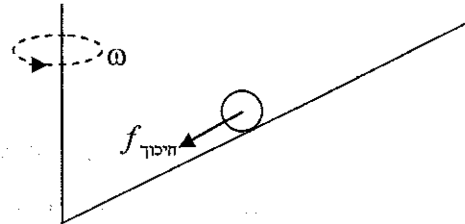
ללא הגבהת מעקמים :

אם מהירות המכונית תהיה גבוהה מדי, החיכוך הסטטי המקסימלי לא יחזיק את המכונית במסלול המעגלי.

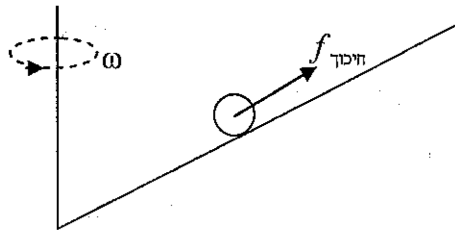
הרכיב של הכוח הנורמל עוזר להשאיר את המכונית במסלול המעגלי גם אם אין חיכוך.

דגשים חשובים

1. יש לבחור את מערכת הצירים כך שציר אחד יהיה בכיוון הרדיאלי והשני בכיוון המשיקי!!!
2. כאשר יש חיכוך במערכת, כיוון כוח החיכוך יהיה מנוגד לכיוון נטיית הגוף לנוע.



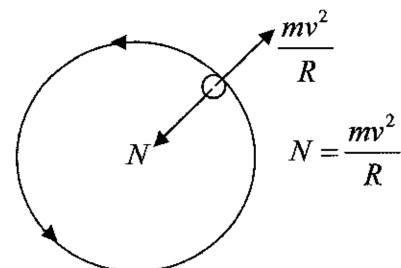
אם ω מספיק מהיר הגוף ירצה להיזרק החוצה ולכן החיכוך יהיה פנימה.



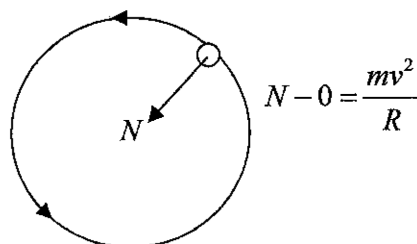
אם ω לא מספיק מהיר, הגוף ירצה ליפול למטה ולכן החיכוך יהיה כלפי מעלה.

3. גוף המבצע תנועה מעגלית (גם אם מהירותו המשיקית קבועה), אינו נמצא בשיווי משקל, כי יש לו תאוצה רדיאלית!!
4. העבודה שהכוח הצנטריפטלי מבצע על גוף המבצע תנועה מעגלית היא 0, כי הכוח תמיד ניצב למסלול המעגלי!!
5. הכוח הצנטריפוגלי שגוף מרגיש נקרא כוח מדומה, הנובע מכך שהגוף נמצא בתאוצה כלפי המרכז. גודלו זהה לכוח הצנטריפטלי ומגמתו תמיד כלפי חוץ. בעיקרון ניתן לנתח את המערכת בשני אופנים :
   א. במערכת של כדוה"א (כפי שבדר"כ נהוג, ואז לא מסמנים כוח זה).
   ב. במערכת הגוף המאיץ, ואז כן מסמנים כוח זה.

   דוגמא : קרוסלה אופקית מסתובבת.



ניתוח הכוחות הרדיאליים כאשר מערכת הייחוס היא הגוף עצמו. מסמנים את הכוח הצנטריפוגלי, אולם כאן נרשום שהגוף מרגיש שהוא בשיווי משקל.



ניתוח הכוחות הרדיאליים כאשר מערכת הייחוס היא כדוה"א. מסמנים רק את הכוח הנורמל. הגוף מאיץ כלפי המרכז.

תנועה הרמונית פשוטה

תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה מחזורית שבה גודל הכוח נמצא ביחס ישר להעתק $F=-kx$.

(סימן המינוס מציין שהכוח מכוון תמיד הפוך מכיוון ההעתק)

הגדרות בסיסיות

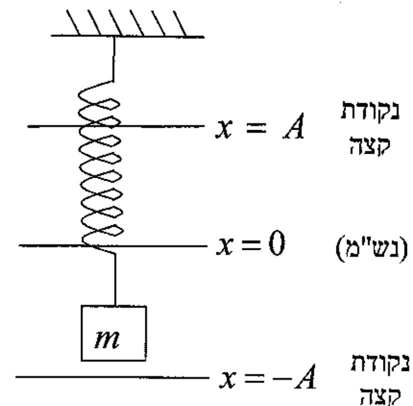
זמן מחזור : T - הזמן שלוקח לגוף לבצע מחזור שלם.

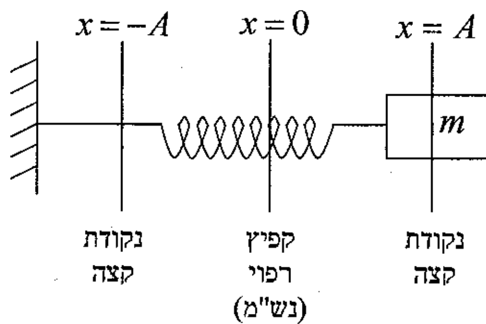
תדירות : f - מספר המחזורים שהגוף מבצע בשנייה אחת.

מהירות\תדירות זוויתית : ω - מספר הרדיאנים שהגוף מבצע בשנייה אחת. (אילו היינו ממירים את תנועתו לתנועה במעגל)

מהירות קווית : v - המהירות הרגעית שיש לגוף.

משרעת : A - ההעתק המקסימלי מנקודת שיווי המשקל (נש"מ).





קשרים מתמטיים

העתק הגוף כפונקציה של הזמן $x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות הגוף כפונקציה של הזמן או ההעתק $v = -\omega A\sin(\omega t + \phi) = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

תאוצת הגוף כפונקציה של הזמן או ההעתק $a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi) = \pm\omega^2 x$

המהירות המקסימלית בנש"מ $v_{max} = \pm\omega A$

תאוצת הגוף המקסימלית בקצוות $a_{max} = \pm\omega^2 A$

מהירות זוויתית של הגוף קבועה $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

$\omega = 2\pi f$

זמן המחזור של הגוף קבוע!!! (לא תלוי במשרעת) $T = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

זווית המופע ϕ

זווית המופע תפקידה לקבוע את תנאי ההתחלה של הבעייה. כלומר היכן היה הגוף בזמן $t = 0$.

כאשר $t = 0$ הגוף נמצא בקצה $x = -A$

$-A = A\cos(\omega \cdot 0 + \phi)$

$-1 = \cos\phi$

$\phi = \pm\pi$

כאשר $t = 0$ הגוף נמצא בקצה $x = A$

$A = A\cos(\omega \cdot 0 + \phi)$

$1 = \cos\phi$

$\phi = 0$

כאשר $t = 0$ הגוף נמצא בנש"מ $(x = 0)$

$0 = A\cos(\omega \cdot 0 + \phi)$

$0 = \cos\phi$

$\phi = \pm\frac{\pi}{2}$

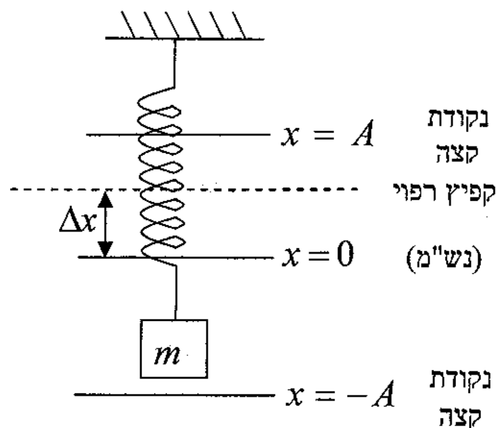
שימוש בטריגונומטריה

הפיכת מעלות לרדיאנים : $[rad]$ $\alpha^\circ \equiv \frac{\alpha \cdot \pi}{180}$

תקציר מכניקה

דגשים חשובים

בקפיץ מאונך, הנש"מ אינו נמצא בנקודה בה הקפיץ רפוי, אלא יש למצוא את מיקומו ביחס לקפיץ הרפוי לפי משוואה על הכוחות :



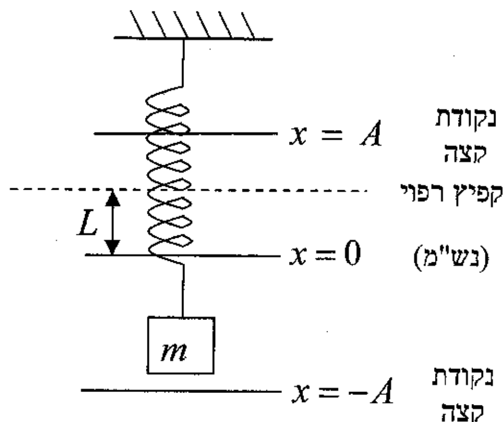
$$mg = k\Delta x$$

$$\boxed{\Delta x = \frac{mg}{k}}$$

אם רוצים להשתמש בחוק שימור האנרגיה עבור קפיץ מאונך, יש לשים לב שנקודת הייחוס עבור האנרגיה האלסטית תמיד תהייה הנקודה שבה הקפיץ היה רפוי. לעומת זאת נקודת הייחוס עבור האנרגיה הפוטנציאלית תיבחר שרירותית!

דוגמא :

נבצע את חוק שימור האנרגיה בין נקודת הקצה העליונה לבין נקודת הקצה התחתונה. את נקודת הייחוס עבור האנרגיה הפוטנציאלית נבחר בנש"מ.



$$E_{top} = mgA + \frac{k(A-L)^2}{2}$$

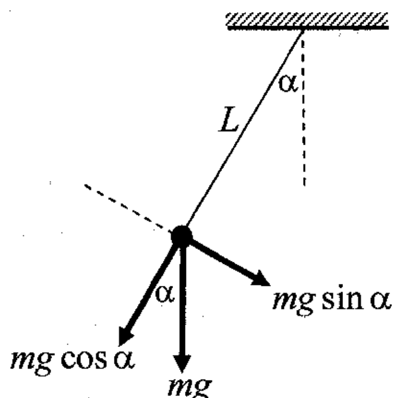
$$E_{bottom} = mg(-A) + \frac{k(A+L)^2}{2}$$

$$E_{top} = E_{bottom}$$

(בקצוות אין מהירות, ולכן אין שם אנרגיה קינטית)

מטוטלת מתמטית

מטוטלת מתמטית מורכבת ממשקולת התלויה על חוט. מסיטים את החוט בזוית α ביחס לאנך, והמשקולת מתנודדת במסלול קשתי.



עבור הציר המשיקי לתנועה, נקבל :

$$F_{Total} = -mg\sin\alpha$$

סימן המינוס מורה על כך שהכוח שואף להחזיר את המסה לנקודת שיווי המשקל, שנמצאת בתחתית המסלול. אורך הקשת שעושה המשקולת עד לנקודת התחתית של המסלול הוא החלק היחסי של הקשת מסך היקף מעגל שרדיוסו L. אם היקף המעגל הוא $2\pi L$, והזווית α נמדדת ברדיאנים, הרי שאורך הקשת יהיה :

$$x = \frac{\alpha}{2\pi}\cdot 2\pi L$$

$$x = \alpha L$$

הזווית מקיימת אפוא את הקשר : $\alpha = \frac{x}{L}$.

כאשר הזווית α קטנה, מתקיים $\alpha \approx \sin\alpha$ (α נמדדת ברדיאנים).

נציב קשרים אלו במשוואת הכוח השקול :

$$F_{Total} = -mg\sin\alpha$$

$$F_{Total} = -mg\frac{x}{L}$$

$$F_{Total} = -\frac{mg}{L}\cdot x$$

הכוח השקול שהתקבל הוא כוח מחזיר, שנמצא ביחס ישר להעתק, כי $\frac{mg}{L}$ הוא קבוע.

התנאי של תנועה הרמונית מתקיים, ולכן ניתן להתייחס לתנועה זו כאל תנועה הרמונית, שהקבוע שלה מקיים

$$k = \frac{mg}{L}$$

נמצא את ω :

ראינו כי בתנועה הרמונית מתקיים $\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$. נציב $k=\frac{mg}{L}$:

$$\omega=\sqrt{\frac{\frac{mg}{L}}{m}}=\sqrt{\frac{g}{L}}$$

נמצא את זמן המחזור T של התנודות :

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{L}}}=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

זמן המחזור לא תלוי במשרעת או במסה.

עם זאת יש לשים לב, שהזוויות חייבות להיות קטנות, אחרת ההנחה $\alpha\approx\sin\alpha$ לא מתקיימת, וכל הניתוח המתמטי לא יהיה מדוייק.

בדר"כ משתמשים במטוטלת מתמטית, כדי לגלות את תאוצת הכובד באזורים שונים.

משנים כל פעם את אורך החוט, ומודדים את זמן המחזור המתאים לו.

אח"כ מעלים את הנתונים על גרף של T^2 כפונקציה של אורך החוט L .

מתקבל קשר לינארי, כי $T^2=\frac{4\pi^2}{g}\cdot L$.

משווים את שיפוע הגרף המתקבל ל- $\frac{4\pi^2}{g}$, ומחלצים מהמשוואה את ערכו של g .

סיכום

זמן המחזור : $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ (לא תלוי במשרעת)

המהירות הזוויתית : $\omega=\sqrt{\frac{g}{L}}$

קבוע התנועה ההרמונית : $k=\frac{mg}{L}$

תקציר מכניקה

גרביטציה

הכוח הגרביטציוני

כח משיכה בין שתי מסות : $F=\frac{Gm_1m_2}{R^2}$ (R הוא המרחק בין מרכזי המסות)

אנרגיה של מסה m_1 המרוחקת R ממסה m_2 : $E_p=-\frac{Gm_1m_2}{R}$ (R הוא המרחק בין מרכזי המסות)

קבוע הגרביטציה G : $G=6.67\cdot10^{-11}{}_{\frac{N\cdot m^2}{kg^2}}$

מציאת הערך של g בגובה R מכוכב

$$F=mg$$

$$\frac{GMm}{R^2}=mg$$

$$\boxed{\frac{GM}{R^2}=g}$$

מהירות מילוט

מהירות המילוט היא המהירות המינימלית שיש לתת לגוף כדי שישתחרר מהשפעת הכוכב.

ניעזר בחוק שימור האנרגיה, ונדרוש שבאינסוף (כשהגוף מנותק מהשפעת הכוכב), האנרגיה הקינטית של הגוף תהייה אפס.

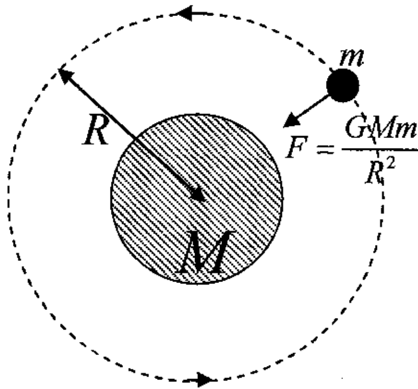
$$\frac{-GMm}{R}+\frac{mv^2}{2}=-\frac{-GMm}{\infty}+\frac{m\cdot0^2}{2}$$

$$\frac{-GMm}{R}+\frac{mv^2}{2}=0$$

$$v_{\text{מילוט}}=\sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

לוויינים

לווין מבצע תנועה מעגלית סביב כוכב. שקול הכוחות עליו בציר הרדיאלי יהיה $ma_R = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$



מציאת זמן המחזור

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

$$T^2 = \left(\frac{2\pi R}{v}\right)^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{v^2}$$

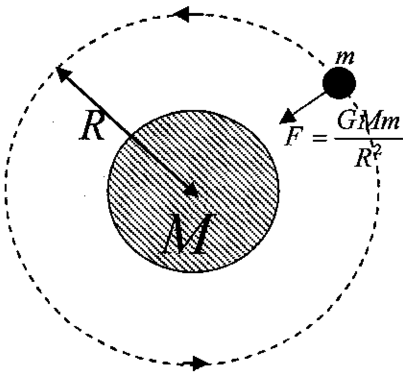
משוואה על הכוחות

$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

$$v^2 = \frac{GM}{R}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{\frac{GM}{R}} \Rightarrow \boxed{T^2 = \frac{4\pi^2}{GM} \cdot R^3}$$

האנרגיה הכוללת שיש ללווין

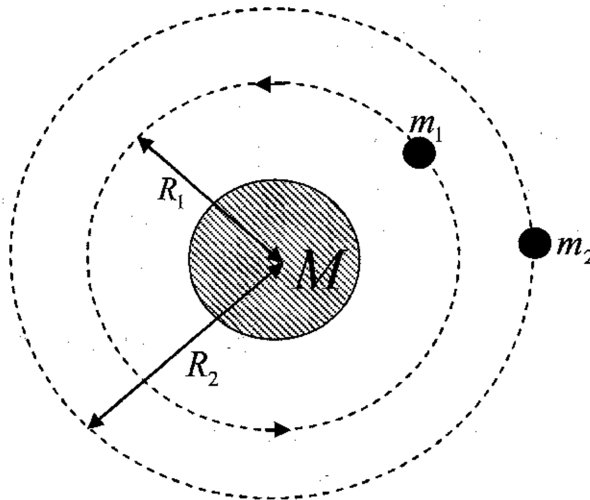


$$\begin{cases} E_{total} = -\frac{GMm}{R} + \frac{mv^2}{2} \\ \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v^2 = \frac{GM}{R} \end{cases}$$

$$E_{total} = -\frac{GMm}{R} + \frac{m\left(\frac{GM}{R}\right)}{2} = -\frac{GMm}{R} + \frac{GMm}{2R} = \boxed{-\frac{GMm}{2R}}$$

החוק השלישי של קפלר

עבור שני לוויינים, החגים מעל <u>אותו כוכב</u> :



$$\begin{cases} T_1^2 = \dfrac{4\pi^2}{GM} \cdot R_1^3 \\ T_2^2 = \dfrac{4\pi^2}{GM} \cdot R_2^3 \end{cases}$$

$$\boxed{\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}}$$

דגשים חשובים

1. מתייחסים לירחים של כוכבים כאילו היו לוויינים.
2. אם לוויין נמצא כל הזמן מעל אותה נקודה יחסית לכוכב, סימן שיש לו את זמן המחזור של הכוכב.
3. מסה הנמצאת בתוך לוויין שנע בתנועה מעגלית, תרגיש חסרת משקל :

הגוף ירגיש את הנורמל שרצפת הלוויין מפעילה עליו

$$\begin{cases} \dfrac{GMm_1}{R^2} - N = \dfrac{m_1 v_1^2}{R} \\ v_1^2 = \dfrac{GM}{R} \end{cases}$$

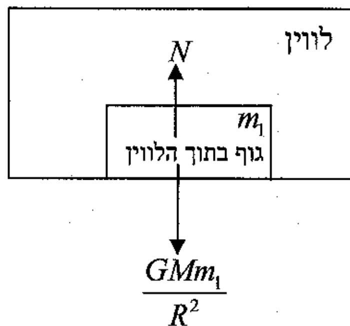
$$\frac{GMm_1}{R^2} - N = \frac{m_1 \dfrac{GM}{R}}{R}$$

$$\frac{GMm_1}{R^2} - N = \frac{GMm_1}{R^2} \Rightarrow \boxed{N = 0}$$

הגוף בתוך הלוויין נע במהירות של הלוויין. מהירות זו לא תלויה במסות הלוויין והגוף.

$$\frac{GM\not{m}}{R^2} = \frac{\not{m} v_2^2}{R}$$

$$v_1^2 = v_2^2 = \frac{GM}{R}$$



טבלת נתונים עבור כוכבי לכת

נתונים הקשורים בשמש ובירח

	מסה (kg)	רדיוס (m)	רדיוס מסלול ממוצע (m)	זמן מחזור (יממות)
שמש	$1.99\cdot10^{30}$	$6.96\cdot10^{8}$		
ירח	$7.35\cdot10^{22}$	$1.74\cdot10^{6}$	$3.84\cdot10^{8}$	27.3

נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

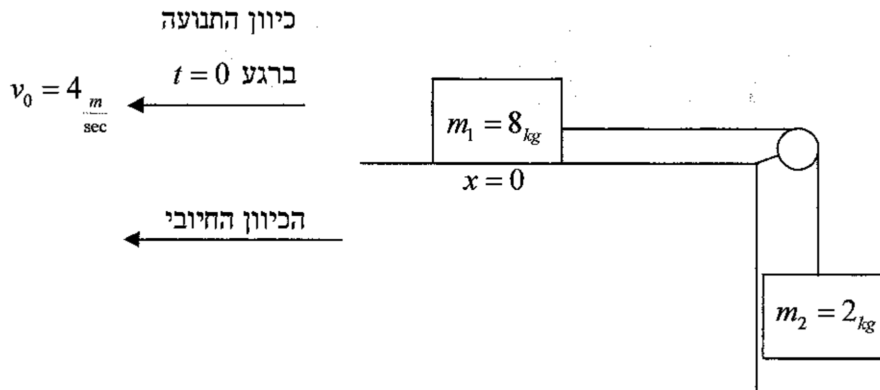
	מסה $(10^{24}\ kg)$	רדיוס $(10^{6}\ m)$	רדיוס מסלול ממוצע $(10^{6}\ km)$	זמן מחזור (שנים)
כוכב חמה (Mercury)	0.330	2.44	57.9	0.2408
נוגה (Venus)	4.869	6.05	108.2	0.6152
ארץ (Earth)	5.974	6.38	149.6	1.00
מאדים (Mars)	0.642	3.4	227.9	1.881
צדק (Jupiter)	1899.1	71.4	778.3	11.86
שבתאי (saturn)	568.6	60.0	1427.0	29.46
אורנוס (Uranus)	86.98	26.1	2871.0	84.01
נפטון (Neptun)	103	24.3	4497.1	164.8
פלוטו (Pluto)	0.012	$1.5-1.8$	5913.5	248.4

מבחן מספר 1

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

נתונה המערכת הבאה, שנמצאת ברגע $t = 0$ בתנועה שמאלה, במהירות $v_0 = 4\frac{m}{sec}$. מיקום המסה m_1 ברגע $t = 0$ יקבע כמיקום $x = 0$. הכיוון שמאלה יחשב ככיוון החיובי עבור המסה m_1.



המשטח חלק וללא חיכוך.

א. חשב את תאוצת המערכת (גודל וכיוון). הסבר מדוע התאוצה לא משתנה במהלך התנועה.

ב. רשום ביטוי למיקום המסה m_1 כפונקציה של הזמן.

ג. רשום ביטוי למהירות המערכת כפונקציה של הזמן.

ד. צייר גרף של מיקום המסה m_1 כפונקציה של הזמן, במשך 5 השניות הראשונות של התנועה.
ציין את נקודות החיתוך עם הצירים, ואת מיקום המסה ברגע $t = 5_{sec}$.

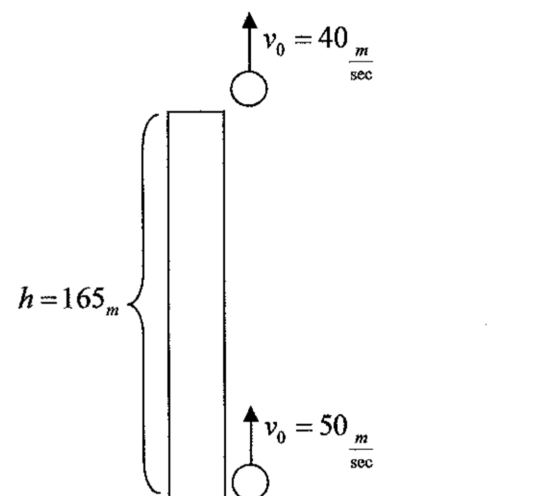
ה. חשב את ההעתק החיובי המקסימלי של המסה m_1 וציין אותו בגרף.

ו. צייר גרף של מהירות המערכת כפונקציה של הזמן במשך 5 השניות הראשונות של התנועה.
ציין את נקודות החיתוך עם הצירים, ואת מהירות המערכת ברגע $t = 5_{sec}$.

ז.(רשות) אילו המערכת הייתה נמצאת על כוכב שבו ערך תאוצת הנפילה החופשית $g = 20\frac{m}{sec^2}$, כיצד היה משתנה הגרף של מהירות המערכת כפונקציה של הזמן ? הוסף את הגרף החדש באותה מערכת צירים, וסמן את נקודות החיתוך עם הצירים.

שאלה 2

שני כדורים נזרקים בו זמנית כלפי מעלה. האחד מראש מגדל שגובהו $h = 165_m$, במהירות התחלתית $v_0 = 40 \frac{m}{sec}$, והשני מתחתית המגדל, במהירות התחלתית $v_0 = 50 \frac{m}{sec}$.



א. רשום נוסחה המתארת את גובה הכדור שנזרק מהקרקע, כפונקציה של הזמן.

ב. רשום נוסחה המתארת את גובה הכדור שנזרק מראש הבניין, כפונקציה של הזמן.

ג. צייר באותה מערכת צירים גרף של מיקום כל כדור ביחס לקרקע, כפונקציה של הזמן.
סמן בגרף את שיא הגובה של כל כדור, ואת הזמן שלוקח לו להגיע לקרקע.

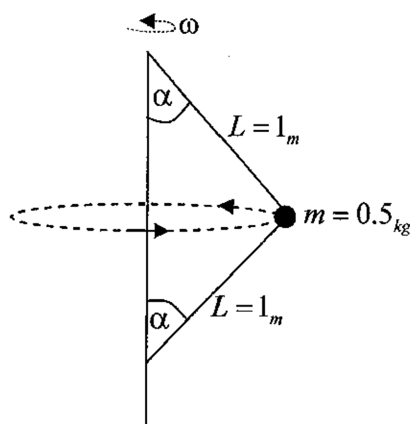
ד. האם ייפגשו הכדורים בעודם באוויר ? אם כן, מתי ובאיזה גובה ?

ה. אילו נזרק הכדור התחתון במהירות התחלתית $v_0 = 65 \frac{m}{sec}$, האם היו נפגשים הכדורים בעודם באוויר ? אם כן, מתי ובאיזה גובה ?

ו.(רשות) מה צריכה להיות מהירות הזריקה המקסימלית של הכדור שנזרק מהקרקע, כדי שהכדורים לא ייפגשו באוויר.

שאלה 3

גוף שמסתו $m=0.5_{kg}$ קשור לשני חבלים שאורך כל אחד מהם הוא $L=1_m$. החבלים מחוברים לעמוד שיכול להסתובב סביב צירו. נקודות החיבור של החבלים עם העמוד קבועות. מסובבים את העמוד בתדירות $f=\frac{5}{\pi}_{Hz}$, וכתוצאה מכך נפרש כל חבל בזווית $\alpha=36.87^\circ$.



א. סמן את כל הכוחות שפועלים על הגוף.

ב. מצא את המתיחות של כל חבל.

ג. מה צריכה להיות תדירות הסיבוב המינימלית, כדי שהחבל התחתון יהיה מתוח ?

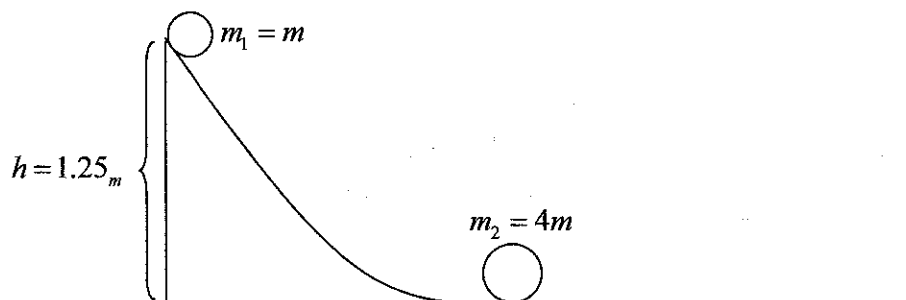
ד. מהו תחום התדירויות בהן ניתן לסובב את העמוד, כך שרק החבל העליון יצור זווית עם העמוד, ואילו החבל התחתון יהיה רפוי ?

ה. מסובבים את העמוד בתדירות $f=0.2_{Hz}$. חשב את המתיחות שירגיש כל חבל.

שאלה 4

גוף שמסתו $m_1 = m$ מחליק מגובה $h = 1.25_m$ על מדרון חלק. בתחתית המדרון נמצא גוף אחר שמסתו $m_2 = 4m$, והוא נמצא במנוחה. ידוע שההתנגשות בין הגופים היא אלסטית.

המסלול בתחתית המדרון הוא ישר וארוך מאוד.



א. מצא את מהירות הגוף שמסתו m_1, רגע לפני ההתנגשות.

ב. מצא את מהירות הגופים רגע אחרי ההתנגשות.

ג. לאיזה גובה יעלה הגוף שמסתו m_1 לאחר ההתנגשות הראשונה ?

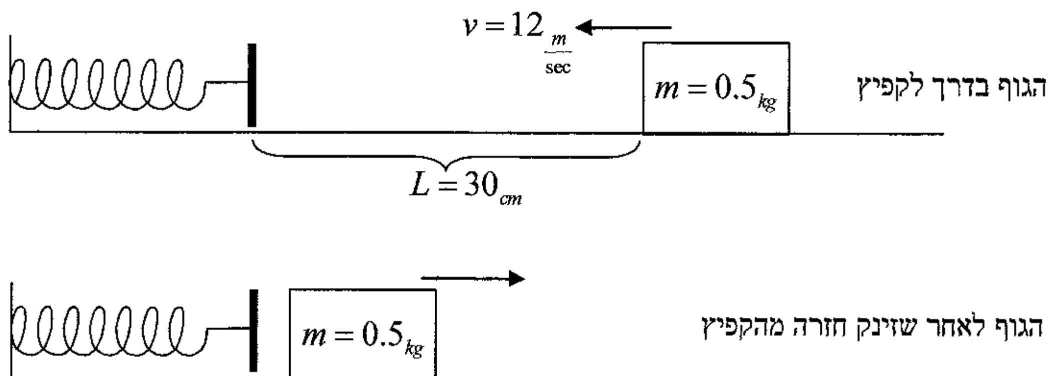
ד. הסבר מדוע תהיה התנגשות נוספת בין הגופים, ומצא את המהירות של כל גוף, לאחר ההתנגשות השנייה.

ה. האם תתרחש התנגשות נוספת לאחר ההתנגשות השנייה ?

ו. חשב את התנע של שני הגופים, פעם אחת, רגע לפני ההתנגשות הראשונה, ופעם שנייה, לאחר כל ההתנגשויות. הסבר מדוע התנע של שני הגופים לא נשמר.

שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו $m = 0.5_{kg}$, מחליק על מישור אופקי חלק במהירות $v = 12_{\frac{m}{sec}}$, לעבר קפיץ אופקי המחובר בקצהו האחד לקיר. נסמן ב-$t = 0$, את הרגע בו היה הגוף במרחק $L = 30_{cm}$ מהקפיץ. הגוף פוגע בקפיץ, מכווץ אותו, ומזנק ממנו חזרה אחורנית.



גודל התאוצה המקסימלית של הגוף במהלך מסלולו הוא $a_{max} = 720_{\frac{m}{sec^2}}$.

א. היכן מקבל הגוף את תאוצתו המקסימלית ומהו כיוונה ?

ב. מצא את קבוע הקפיץ.

ג. מצא את ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ.

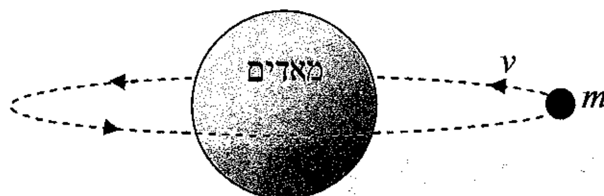
ד. מתי יגיע הגוף שוב לנקודה שבה היה ברגע $t = 0$?

ה. בכמה ס"מ יהיה הקפיץ מכווץ כאשר גודל מהירות הגוף הוא $v = 9.6_{\frac{m}{sec}}$?

ו. מצא כמה מהווה האנרגיה הקינטית שיש לגוף מסך האנרגיה שיש לגוף ולקפיץ, ברגע שהקפיץ מכווץ ב-10 ס"מ.

שאלה 6 (כבידה)

הכוכב המתואר בציור הוא מאדים. מתכננים לווין שיסתובב סביב הכוכב, כך שזמן המחזור של הסיבוב יהיה $T = 12_h$ (12 שעות).



בתרגיל זה יש להיעזר בנתונים המופיעים בטבלת כוכבי הלכת שבנוסחאון.

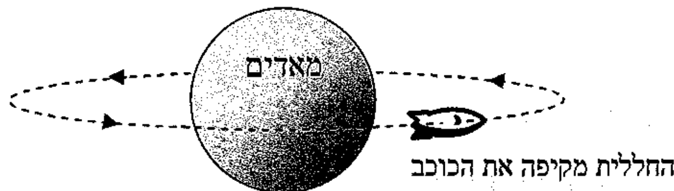
א. מה חייב להיות רדיוס הסיבוב של הלווין ?

ב. מה יהיה גובה הלווין מפני הקרקע של הכוכב ?

ג. מהי תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו נמצא הלווין ?

לפניך 2 סיטואציות :

סיטואציה ראשונה : אדם שמסתו 70 ק"ג יושב על כסא בתוך חללית המקיפה את הכוכב מאדים, בגובה שחישבת בסעיף ב.



סיטואציה שנייה : אדם שמסתו 70 ק"ג יושב על כסא בתוך חללית הנמצאת במנוחה בגובה שחישבת בסעיף ב, ומפעילה את מנועיה כנגד הכוח הגרביטציוני.



ד. מדוע במקרה הראשון החללית לא צריכה להפעיל את מנועיה, ואילו במקרה השני היא חייבת להפעיל את המנועים ?

ה. מהו הכוח שמפעיל האדם על הכסא בכל אחת מהסיטואציות ?

פתרון סופי

מבחן מספר 1

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

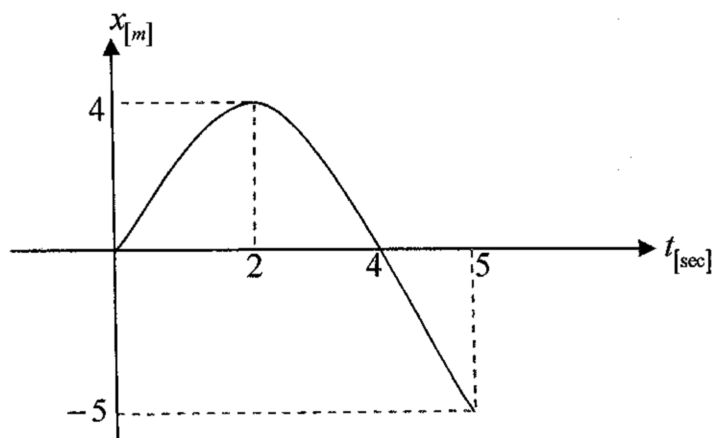
א. $a = -2 \frac{m}{\sec^2}$

התאוצה לא משתנה כי הכוחות לא משתנים (אפילו שכיוון המהירות משתנה).

ב. $x = 4t - t^2$

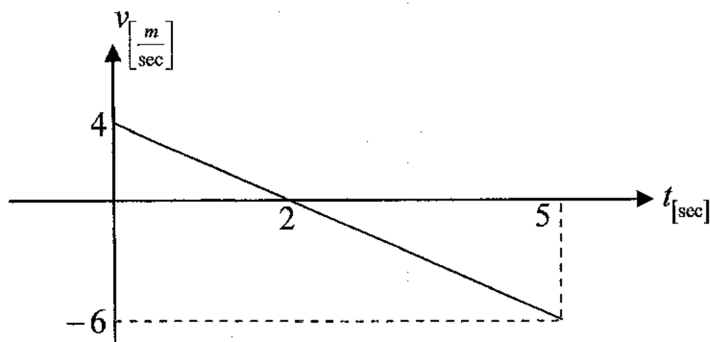
ג. $v_t = 4 - 2t$

ד.

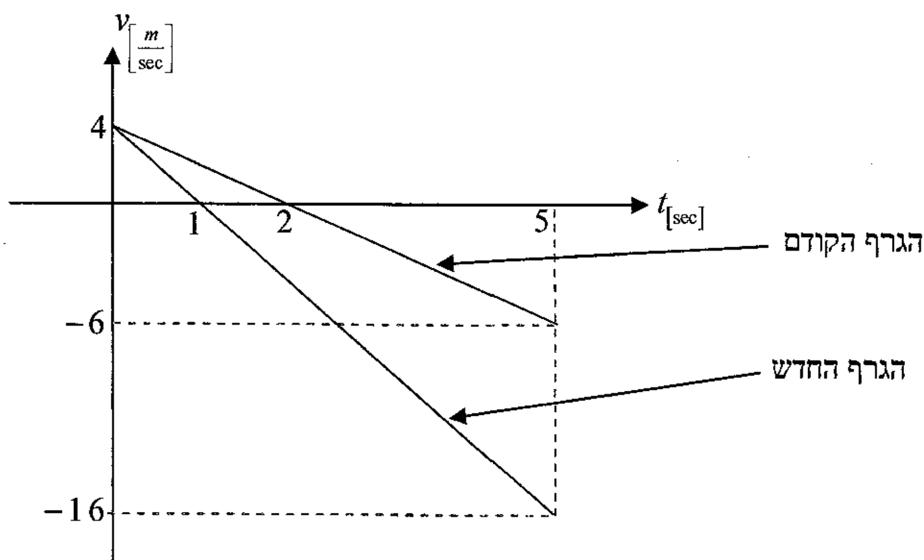


ה. $x = 4_m$

ו.



ז.

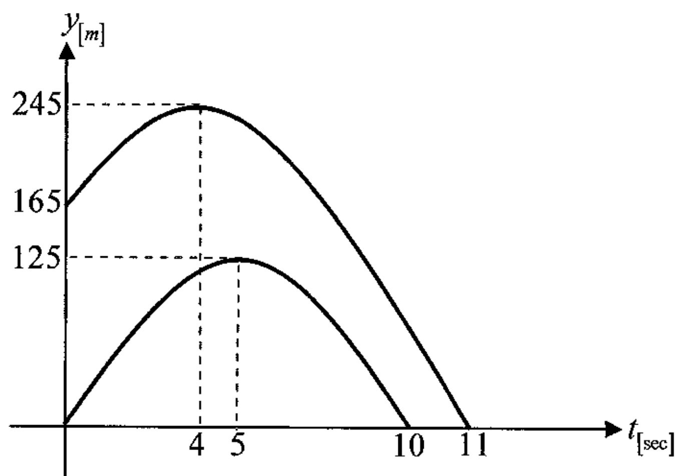


פתרון שאלה 2

א. $y = -5t^2 + 50t$

ב. $y = -5t^2 + 40t + 165$

ג.



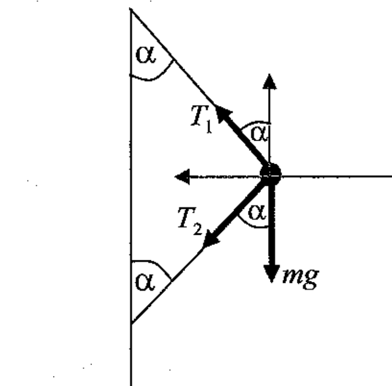
ד. הכדורים לא ייפגשו בעודם באוויר.

ה. הכדורים ייפגשו ברגע $t = 6.6_{sec}$, ובגובה $y = 211.2_m$.

ו. אם הכדור ייזרק מהקרקע במהירות הקטנה מ- $v_0 = 55_{\frac{m}{sec}}$, הכדורים לא ייפגשו באוויר.

פתרון שאלה 3

א.



ב. $T_1 = 28.125_N \qquad T_2 = 21.875_N$

ג. $f = 0.5627_{Hz}$

ד. כל עוד התדירות תהיה בתחום $0.503_{Hz} < f < 0.5627_{Hz}$, רק החבל העליון יצור זווית עם המוט, והחבל התחתון יישאר רפוי.

ה. החבל התחתון ישאר רפוי. המתיחות בחבל העליון תהיה $T_1 = mg = 5_N$.

פתרון שאלה 4

א. $v = 5_{\frac{m}{sec}}$

ב. $u_1 = -3_{\frac{m}{sec}} \qquad u_2 = 2_{\frac{m}{sec}}$

ג. $h = 0.45_m$

ד. $u_1 = 1.4_{\frac{m}{sec}} \qquad u_2 = 2.4_{\frac{m}{sec}}$

ה. לא תהיה התנגשות שלישית, כי מהירות המסה m_1, קטנה ממהירות המסה m_2.

ו. $P_{begin} = 5m \qquad P_{end} = 11m$

התנע לא נשמר, כי המדרון הפעיל כוח על המסה m_1, ששינה את התנע שלה, ובכך שינה את התנע הכולל של המערכת המורכבת משני הגופים.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. הגוף מקבל את תאוצתו המקסימלית כשהקפיץ מכווץ בכיווץ המירבי. כיוון התאוצה יהיה ימינה- לכיוון נקודת שיווי המשקל. (הנש"מ)

ב. $k = 1,800_{\frac{N}{m}}$

ג. ההתכווצות המקסימלית היא משרעת התנודה A: $A = 0.2_m$

ד. $t_{total} = 0.102_{\sec}$

ה. הקפיץ יהיה מכווץ ב-12 ס"מ.

ו. האנרגיה הקינטית מהווה $\frac{3}{4}$ מסך האנרגיה הכוללת שיש לגוף ולקפיץ.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. רדיוס הסיבוב של הלווין הוא $r = 12.65 \cdot 10^6{}_m$ $(12,650_{km})$

ב. גובה הלווין מעל פני הקרקע הוא $h = 9.25 \cdot 10^6{}_m$ $(9,250_{km})$

ג. $g^* = 0.2676_{\frac{m}{\sec^2}}$

ד. כשהחללית מקיפה את הכוכב היא מבצעת תנועה מעגלית. תפקיד הכוח הגרביטציוני הוא לשנות את כיוון מהירות החללית ובכך לשמור על התנועה הסיבובית. הכוח הגרביטציוני פועל כל הזמן כלפי מרכז הסיבוב, ולכן אין צורך בכוח נוסף.

כשהחללית עומדת במנוחה, הכוח הגרביטציוני מושך אותה לכיוון הכוכב. לכן יש צורך במנועים, שיתנו כוח השווה לכוח הגרביטציוני אך מנוגד לכיוונו, כדי שהחללית תשאר במקומה.

ה. מקרה ראשון: האדם לא לוחץ על הכסא, אלא מרחף יחד עם החללית.

מקרה שני: האדם לוחץ על הכסא בכוח השווה ל- $N = 18.732_N$.

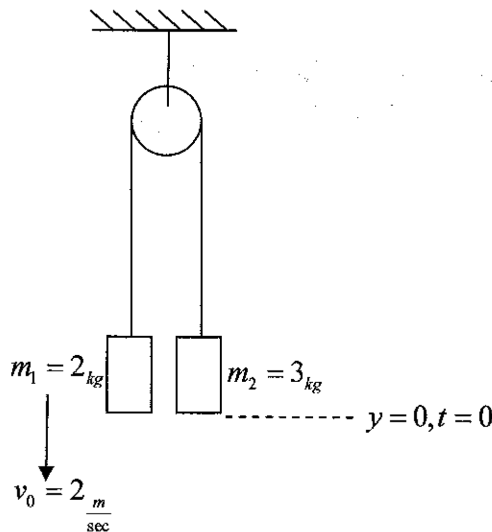
מבחן מספר 2

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

נתונה המערכת הבאה, שנמצאת ברגע $t=0$ במהירות $v_0=2_{\frac{m}{sec}}$, כך שהמסה m_1 יורדת והמסה m_2 עולה.

שתי המסות נמצאות זו לצד זו, ברגע $t=0$, ומיקום זה יקבע כמיקום $y=0$.



א. מהי תאוצת המערכת ? האם היא משתנה במהלך תנועת המערכת ?

ב. תוך כמה זמן תיעצר המערכת ? מה יהיה המרחק בין המסות ברגע זה ?

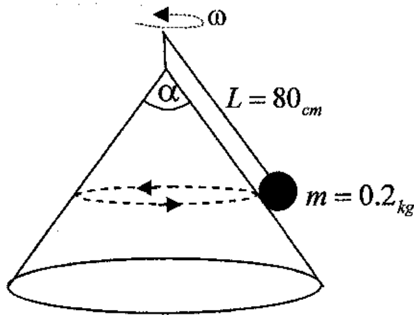
ג. רשום נוסחה למרחק בין המסות כפונקציה של הזמן.

ד. צייר גרף של המרחק בין הגופים כפונקציה של הזמן עד שהם חוזרים להיות שוב זה לצד זה. סמן בו את נקודות החיתוך עם הצירים, ואת הרגע בו המרחק בין הגופים מקסימלי.

ה.(רשות) שרטט באותה מערכת צירים גרף המתאר את המרחק בין הגופים כפונקציה של הזמן עד שהם חוזרים להיות שוב זה לצד זה, אם מהירות המערכת ברגע $t=0$ היא $v_0=4_{\frac{m}{sec}}$ בכיוון המקורי.

שאלה 2

כדור שמסתו $m = 0.2_{kg}$ קשור לחבל שאורכו $L = 80_{cm}$. החבל קשור בצידו האחר לראש של חרוט. החרוט מסתובב סביב צירו במהירות זוויתית מסוימת, והכדור מסתובב ביחד עם החרוט. זווית הראש של החרוט היא $\alpha = 73.74^\circ$.



א. סמן את כל הכוחות שפועלים על הכדור.

ב. מהו רדיוס הסיבוב של הכדור ?

ג. באיזו מהירות זוויתית מסובבים את החרוט, אם ידוע שהכדור לוחץ בכוח של 0.5_N על החרוט ?

ד. מהי המהירות הזוויתית המינימלית שיש לסובב בה את החרוט, על מנת שהכדור יתחיל להתרומם באוויר ?

ה.(רשות) מסובבים את החרוט במהירות זוויתית הכפולה מהמהירות הזוויתית המינימלית שחישבת בסעיף ד. מה יהיה רדיוס הסיבוב ?

ו. האם קיימת תדירות סיבוב, כך שהחוט שמחזיק את הכדור, יהיה מקביל למישור הבסיס של החרוט ?

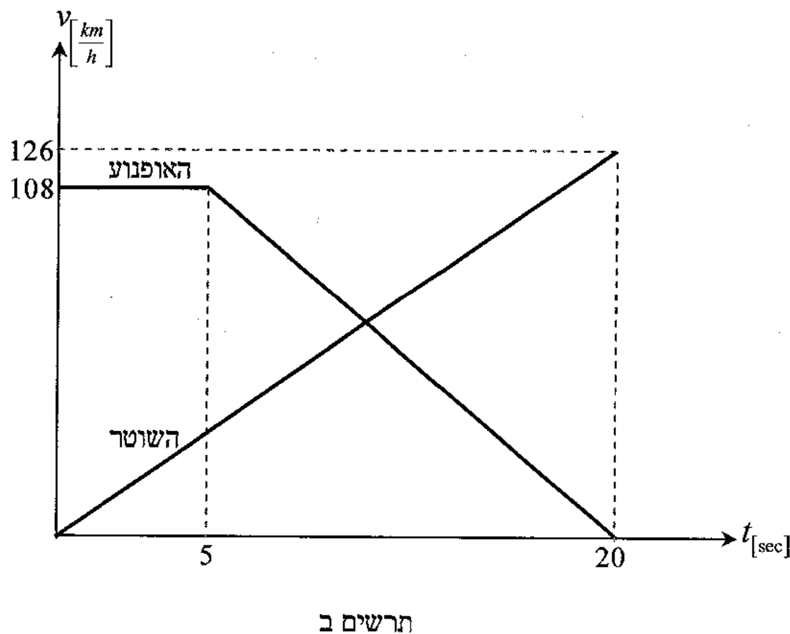
שאלה 3

בתרשים א מוצג ציר מקום x לאורך כביש ישר, שכיוונו החיובי מצביע ימינה. על כביש זה, בנקודה ששיעורה $x = 40_m$, אורב שוטר בניידת משטרה לנהגים המפרים את חוקי התנועה בכיוון התנועה. השוטר מבחין כי נהג אופנוע נוסע במהירות מופרזת. ברגע שנהג האופנוע נמצא במיקום $x = 0$, מתחיל השוטר לנסוע בכיוון התנועה. רגע זה נקבע כ- $t = 0$.



תרשים א

בתרשים ב מוצגות המהירויות של האופנוע ושל הניידת כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

א. חשב את תאוצת ניידת המשטרה, והסבר את המשמעות הפיזיקלית של התאוצה שקיבלת.

ב. חשב את תאוצת האופנוע בפרק הזמן $t = 5_{sec}$ עד $t = 20_{sec}$, והסבר את המשמעות הפיזיקלית של התאוצה שקיבלת.

ג. איזה משני כלי הרכב מקדים את האחר ברגע $t = 20_{sec}$?

ד. האם בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 20_{sec}$ חלפו שני כלי הרכב זה על פני זה ? אם כן- מצא כמה פעמים ונמק. אם לא- הסבר.

ה. האם בפרק הזמן $t = 0$ עד $t = 20_{sec}$ המהירות הממוצעת של האופנוע גדולה מהמהירות הממוצעת של הניידת, קטנה ממנה או שווה לה ? נמק.

ו.(רשות) מתי מהירות ניידת המשטרה שווה לזו של האופנוע ? מה ניתן לומר על המרחק בין שני כלי הרכב מרגע זה והלאה?

ז.(רשות) מהי התאוצה המינימלית שבה צריכה לנסוע ניידת המשטרה, על מנת שברגע $t = 5_{sec}$, מרחקה מהאופנוע לא יעלה על מחצית הדרך שעבר האופנוע מהרגע $t = 0$ עד $t = 5_{sec}$?

שאלה 4

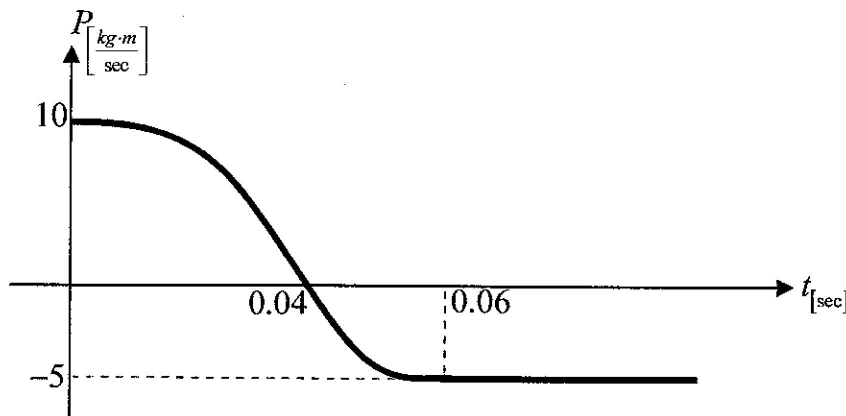
שני כדורים נמצאים על מישור חלק. הכדור השמאלי נע לעבר הכדור הימני במהירות מסויימת.

הכדור הימני נמצא במנוחה.



זמן ההתנגשות הוא 0.06 שניות, וידוע שההתנגשות היא אלסטית.

הגרף הבא מתאר את התנע של הכדור השמאלי מרגע ההתנגשות, כפונקציה של הזמן.



א. מהי המשמעות של שיפוע הגרף, ומדוע הוא משתנה ?

ב. צייר באותה מערכת צירים את גרף התנע של הכדור השני כפונקציה של הזמן.

ג. אילו הגרף הנתון היה מתאים להתנגשות שהיא לא אלסטית, כיצד ישתנה הגרף שציירת עבור הכדור השני ?

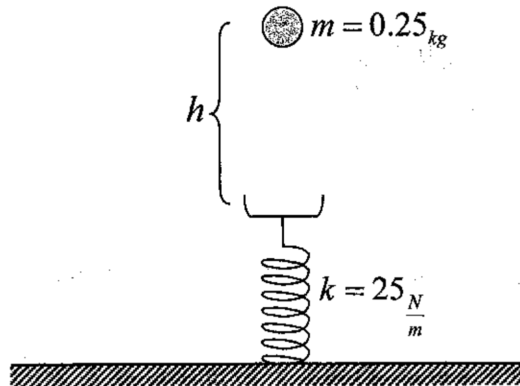
ד. האם ניתן לקבוע את מהירות הפגיעה של הכדור השמאלי בכדור הימני ?

ה. ידוע שמסת הכדור הימני היא $m = 1.2_{kg}$. מצא את מהירות הכדור הימני ברגע $t = 0.04_{sec}$.

ו. מצא את מסת הכדור השמאלי.

שאלה 5 (הרמונית)

נתון קפיץ בעל קבוע $k = 25_{\frac{N}{m}}$, הניצב לקרקע, ולקצהו החופשי מחוברת קערה שמסתה זניחה. משחררים ממנוחה כדור שמסתו $m = 0.25_{kg}$ מגובה h, מעל הקערה. הכדור נדבק לקערה, ונע בתנודות הרמוניות.



א. האם הגובה ממנו משוחרר הכדור משפיע על תדירות התנודות ?

ב. האם הגובה ממנו משוחרר הכדור משפיע על משרעת התנודות ?

ג. האם הגובה ממנו משוחרר הכדור משפיע על <u>המיקום</u> בו מקבל הגוף את מהירותו המקסימלית ?

נתון כי $h = 1.2_m$

ד. מהי משרעת התנודה של הכדור ?

ה. תלמיד טען שמהירותו המקסימלית של הכדור תהיה ברגע בו הוא נוחת על הקערה, כשהקפיץ רפוי, כי מיד לאחר מכן הקפיץ יתחיל להתכווץ, וזה יאט את הכדור. מדוע שוגה התלמיד ?

ו. מצא את גודל המהירות המקסימלית של הכדור, והיכן היא מתקבלת ?

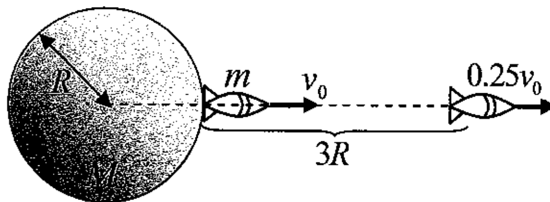
ז. (רשות) מצא את תאוצת הגוף בנקודה הגבוהה ביותר של התנודות בשני אופנים :

1. באמצעות הנוסחה של התאוצה כפונקציה של ההעתק : $a = \pm\omega^2 x$

2. בעזרת סימוני כוחות, ושימוש בחוק השני של ניוטון.

שאלה 6 (כבידה)

חללית שמסתה m משוגרת מכוכב שמסתו M, ורדיוסו R במהירות v_0. כשהיא מגיעה לגובה $3R$ מעל הקרקע של הכוכב, מהירותה $0.25v_0$



א. מצא את v_0.

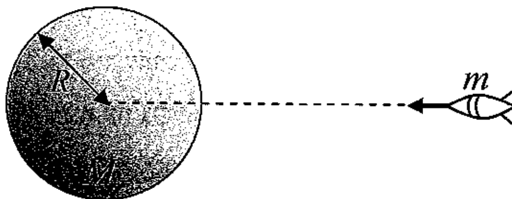
ב. מהו הגובה המירבי אליו תגיע החללית (ללא עזרת מנועיה) ?

כשהחללית נמצאת בגובה המירבי, האסטרונאוט מעוניין לגרום לה להפוך ללווין שיקיף את הכוכב.

ג. איזו מהירות (גודל וכיוון) צריך לתת לחללית כדי שהיא תקיף את הכוכב בגובה זה ?

ד. מה יהיה זמן המחזור של ההקפות ?

האסטרונאוט הכניס למחשב החללית את נתוני המהירות שיש להקנות לה לצורך הקפת הכוכב. אולם, חלה תקלה במחשב החללית, ובמקום לתת את המהירות בכיוון הדרוש לצורך הקפת הכוכב, החללית הסתובבה ב-180 מעלות, והמהירות שניתנה לה הייתה בגודל המתאים, אך בכיוון חזרה כלפי הכוכב (ראה תרשים).



ה. הסבר מדוע החללית לא תעשה תנועה מעגלית סביב הכוכב.

ו.(רשות) באיזו מהירות תפגע החללית בכוכב ?

מבחן מספר 2

פתרון סופי

מבחן מספר 2

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

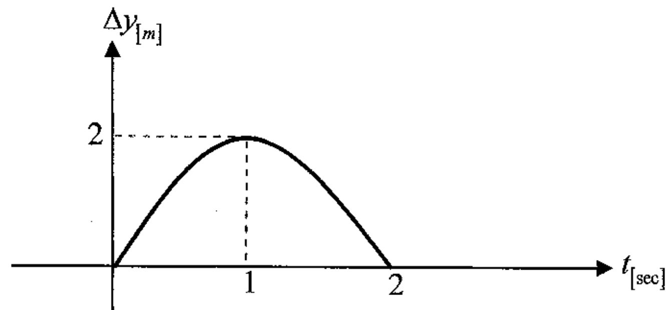
א. $a=-2\frac{m}{\sec^2}$ תאוצת המערכת אינה משתנה, כי הכוחות לא משתנים.

(אין חשיבות לכך שהמערכת תשנה את כיוון המהירות).

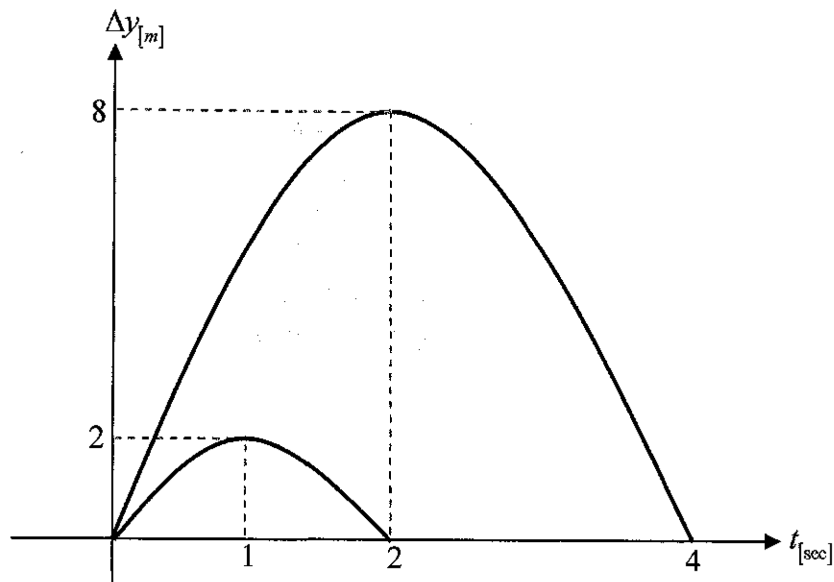
ב. המערכת תיעצר כעבור $1_{\sec}$, והמרחק בין המסות יהיה 2_m, כי המסה m_1 ירדה מטר והמסה m_2 עלתה מטר.

ג. $\Delta y=4t-2t^2$

ד.

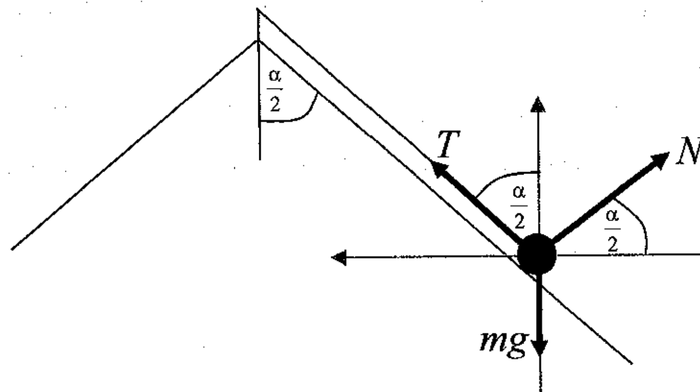


ה.



פתרון שאלה 2

א.



ב. $R = 0.48_m$

ג. $\omega = 3.019_{\frac{rad}{sec}}$

ד. $\omega = 3.95_{\frac{rad}{sec}}$

ה. רדיוס הסיבוב יהיה $R = 0.784_m$

ו. לא תתכן זווית פריסה של 90°.

פתרון שאלה 3

א. $a = 1.75_{\frac{m}{sec^2}}$ בכל שנייה ניידת המשטרה <u>מגדילה</u> את מהירותה ב- $1.75_{\frac{m}{sec^2}}$

ב. $a = -2_{\frac{m}{sec^2}}$ בכל שניה האופנוע <u>מקטין</u> את מהירותו ב- $2_{\frac{m}{sec^2}}$

ג. ברגע $t = 20_{sec}$ ניידת המשטרה מקדימה את האופנוע.

ד. שני כל הרכב חלפו זה על פני זה <u>פעמיים</u>. פעם ראשונה כאשר האופנוע עקף את ניידת המשטרה, ופעם שנייה כאשר ניידת המשטרה עקפה את האופנוע (על פי הסעיף הקודם, ניידת המשטרה מקדימה את האופנוע ברגע $t = 20_{sec}$).

ה. המהירות הממוצעת של האופנוע גדולה יותר, משום שבפרק זמן זהה, העתקו של האופנוע היה גדול יותר מהעתקה של ניידת המשטרה.

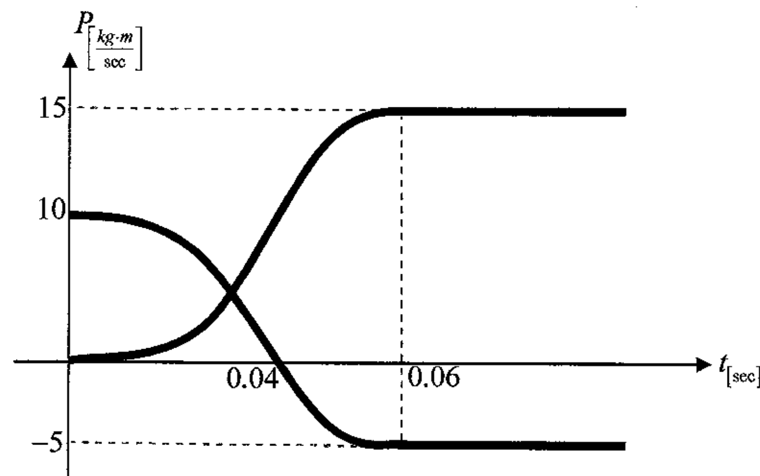
ו. $t = 10\frac{2}{3}_{sec}$

ז. התאוצה המינימלית המבוקשת היא $2.8_{\frac{m}{sec^2}}$

פתרון שאלה 4

א. שיפוע הגרף הוא השינוי בתנע כפונקציה של הזמן, כלומר הכוח שפעל על הכדור. ברגע שמתחילה ההתנגשות, הכוח המופעל על הכדור מתגבר עד לערך מקסימלי כלשהו. לכן השיפוע מתחיל מ 0, ונהיה יותר ויתר תלול. בנקודה בה השיפוע הוא התלול ביותר, מופעל על הכדור הכוח החזק ביותר. אח"כ שוב השיפוע מתמתן עד שהוא מתאפס, כאשר כבר לא מופעל כוח על הכדור.

ב.



ג. הגרף לא היה משתנה, כי התנע הכולל נשמר ללא קשר אם ההתנגשות היא אלסטית או לא.

ד. אין כל דרך לקבוע את מהירות הפגיעה, כי לא ידועה המסה של הכדור השמאלי.

ה. מהירות הכדור הימני ברגע $t = 0.04_{sec}$, תהיה $v = 8\frac{1}{3}\frac{m}{sec}$ ימינה.

ו. מסת הכדור השמאלי היא $m_1 = 0.4_{kg}$.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. הגובה ממנו משוחרר הגוף אינו משפיע על תדירות התנודות.

ב. הגובה ממנו משוחרר הגוף משפיע על משרעת התנודות.

ג. הגובה ממנו משוחרר הגוף אינו משפיע על המיקום בו מקבל הגוף את מהירותו המקסימלית.

ד. $A = 0.5_m$

ה. המהירות המקסימלית של הגוף מתקבלת בנש"מ, ולא בנקודה בה הקפיץ רפוי. בנש"מ שקול הכוחות על הגוף מתאפס. לפני הנש"מ, הגוף עדיין מאיץ, כי כוח המשיכה גדול יותר מכוח ההתנגדות של הקפיץ. לכן בנקודה בה הקפיץ רפוי, מהירות הגוף קטנה יותר מזו שתהיה לו בנש"מ.

ו. גודל המהירות המקסימלית של הגוף הוא $v_{max} = 5\ \frac{m}{sec}$, והוא מתקבל בנש"מ, כלומר 0.1 מטר מתחת לנקודה בה הקפיץ רפוי.

ז. 1. תאוצת הגוף בנקודה העליונה ביותר היא $50\ \frac{m}{sec^2}$ כלפי הנש"מ.

2. תאוצת הגוף בנקודה העליונה ביותר היא $50\ \frac{m}{sec^2}$ כלפי הנש"מ.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $v_0 = \sqrt{\frac{1.6GM}{R}}$

ב. החללית תגיע לגובה של $h = 4R$, מעל פני הקרקע של הכוכב.

ג. יש לתת לחללית מהירות שגודלה $v = \sqrt{\frac{GM}{5R}}$, בכיוון משיקי לתנועה הסיבובית, כך שכוח המשיכה של הכוכב יהיה ניצב בכל רגע לכיוון המהירות של החללית.

ד. $T = 2\pi\sqrt{\frac{125R^3}{GM}}$

ה. הכוח שיפעל על החללית יהיה בכיוון המהירות, ולא בניצב לה, ולכן הוא ימשוך את החללית חזרה לכוכב.

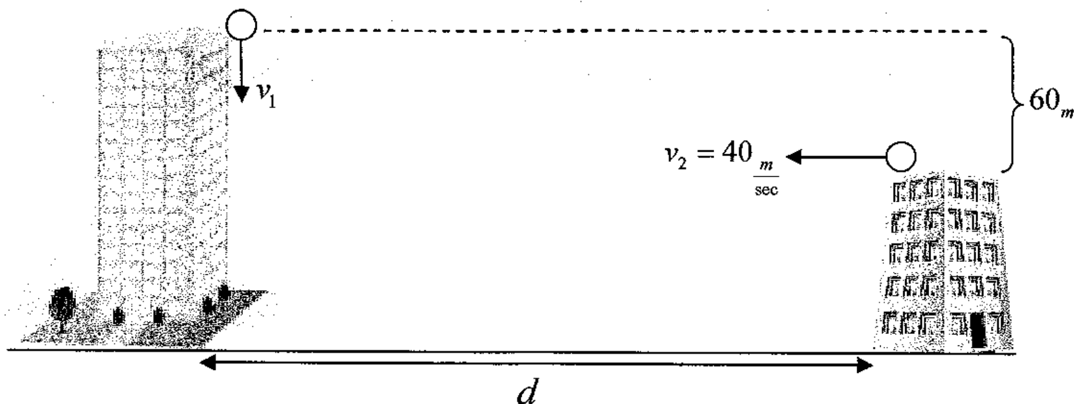
ו. $v_t = \sqrt{\frac{1.8GM}{R}}$

מבחן מספר 3

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

שני כדורים נזרקים מגגות של שני בניינים בו זמנית. כדור 1 נזרק ברגע $t = 0$ מראש הבניין השמאלי, במהירות v_1 אנכית כלפי מטה. כדור 2 נזרק באותו הרגע מראש הבניין הימני, במהירות אופקית $v_2 = 40\,\frac{m}{sec}$ שמאלה. המרחק האופקי בין הכדורים ברגע הזריקה הוא d . הבניין השמאלי גבוה מהבניין הימני ב-60 מטרים.



הכדורים פוגעים זה בזה בדיוק כששניהם מגיעים לקרקע. כמו כן, לשניהם יש אותו גודל מהירות ברגע המפגש.

א. תלמיד קבע, שמאחר והכדורים נפגשים עם מהירויות שגודלן זהה, ושניהם נמצאים באותו הגובה ברגע המפגש, הרי שהאנרגיה הכוללת של כדור 1 זהה לאנרגיה הכוללת של כדור 2. האם התלמיד צודק ?

ב. מצא את מהירות הזריקה v_1 , של הכדור השמאלי.

ג. מצא את רגע המפגש, ואת גובהו של כל בניין.

ד. מצא את המרחק d .

הנח שיש פתאום רוח אופקית שמפעילה על כל כדור את אותה התאוצה a ימינה.

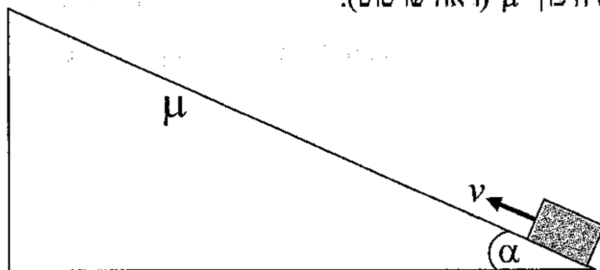
ה.(רשות) מה צריכה להיות התאוצה a המקסימלית, כדי שהכדורים יגיעו לקרקע מבלי שיפגעו בבניינים ?

ו.(רשות) ידוע שהתאוצה a קטנה מהתאוצה המקסימלית שחישבת בסעיף הקודם. האם הכדורים ייפגשו ? אם כן, באיזה גובה ? אם לא-נמק!

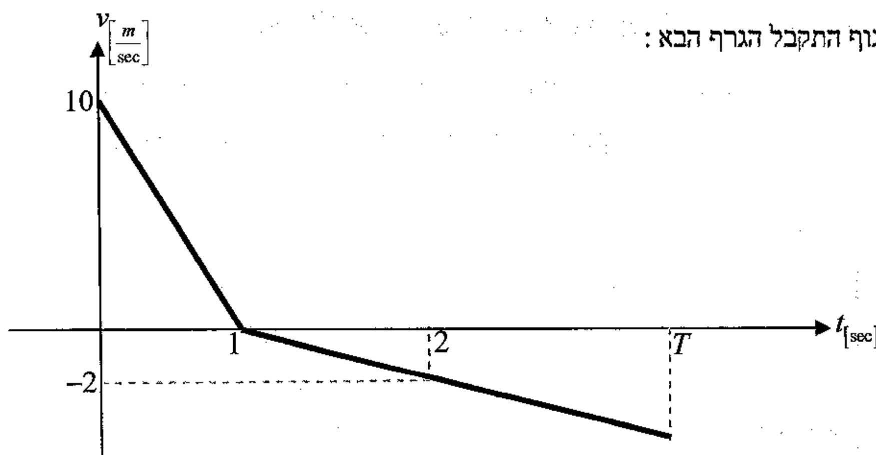
שאלה 2

גוף נע על מדרון בעל שיפוע α ובעל מקדם חיכוך μ (ראה שרטוט).

בתחילת התנועה יש לגוף מהירות v.



ממדידת מהירות הגוף התקבל הגרף הבא:



T מייצג את הזמן שחלף מרגע תחילת התנועה, ועד שהגוף חזר לתחתית המדרון.

א. העזר בגרף ומצא את תאוצת הגוף בעלייתו ואת תאוצת הגוף בירידתו (לכל תאוצה ציין גודל וכיוון).

ב. שרטט תרשים כוחות עבור הגוף בזמן העליה ובזמן הירידה.

ג. בעזרת תרשים הכוחות, מצא ביטויים לתאוצות הגוף בעליה ובירידה כפונקציה של מקדם החיכוך μ, שיפוע המדרון α ו-g.

ד. ניתן לראות על פי הגרף שזמן הירידה גדול מזמן העליה. הסבר מדוע, בהסתמך על הביטויים שקיבלת בסעיף הקודם.

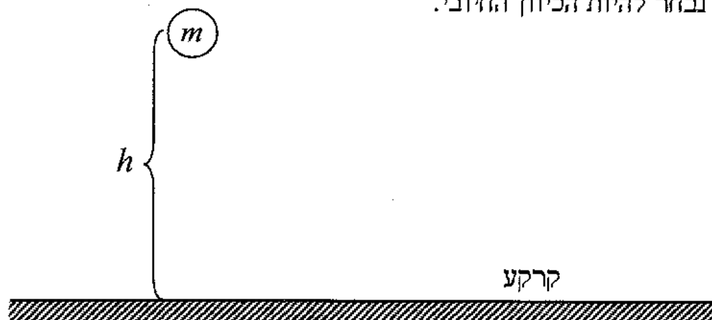
ה. מצא את הזווית α, ואת מקדם החיכוך μ.

ו.(רשות) בהנחה שמקדם החיכוך הקינטי זהה למקדם החיכוך הסטטי, הסבר מדוע הגוף ירד חזרה לתחתית המדרון מיד לאחר שנעצר בשיא הגובה.

ז.(רשות) מצא את הזמן שחלף מהרגע שהגוף החל את תנועתו במעלה המדרון, ועד שחזר לתחתיתו (עגל את תשובתך ל-3 ספרות אחרי הנקודה העשרונית).

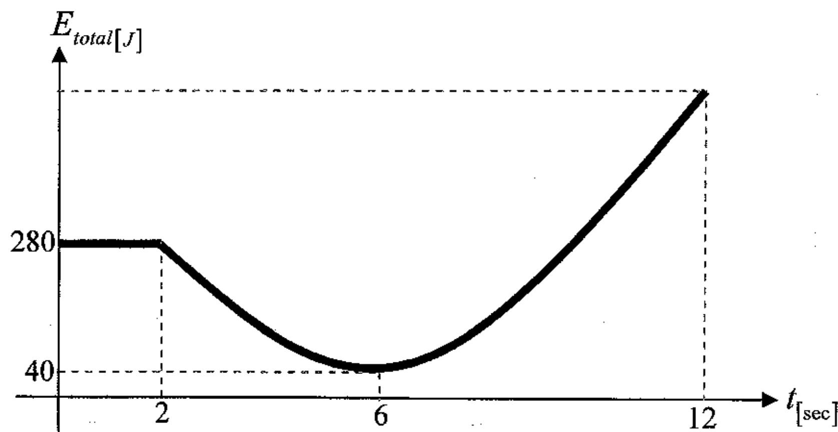
שאלה 3

כדור שמסתו m נמצא ברגע $t=0$ בגובה h מעל הקרקע, ומשוחרר ממנוחה. ברגע מסויים מתחיל לפעול על הכדור כוח F קבוע. הכיוון מעלה נבחר להיות הכיוון החיובי.



נבחר את הקרקע להיות מישור הייחוס לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית של הכדור.

הגרף הבא מתאר את האנרגיה הכוללת של הכדור כפונקציה של הזמן.



א. באיזה רגע החל לפעול הכוח F על הכדור ?

ב. מה הייתה מהירות הכדור ברגע בו החל הכוח F לפעול עליו ?

ג. באיזה תחום זמנים הכוח F עשה עבודה חיובית על הכדור, ובאילו רגעים הוא עשה עבודה שלילית עליו ?

ד. מצא את הכוח F שפעל על הכדור.

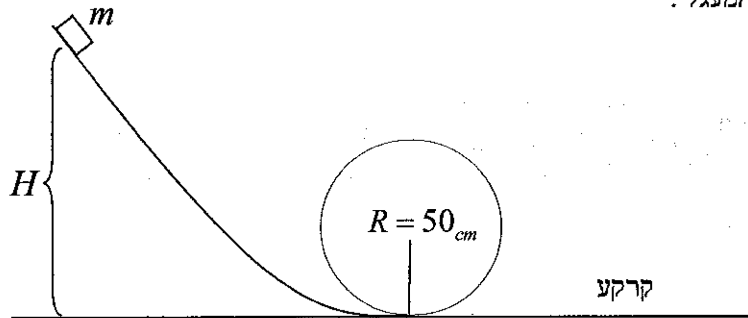
ה. מצא את מסת הכדור.

ו. מהו הגובה ממנו שוחרר הכדור, ומהו הגובה המינימלי אליו הוא הגיע במהלך 12 השניות הראשונות של תנועתו ?

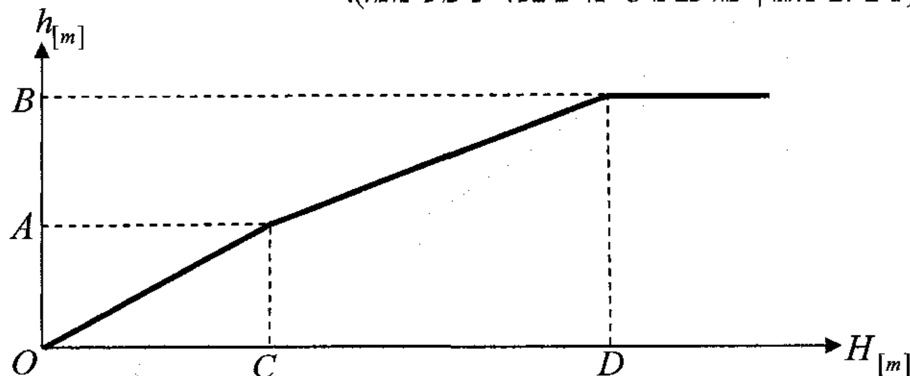
ז. מהי האנרגיה הכוללת שתהיה לכדור ברגע $t=12_{sec}$?

שאלה 4

גוף שמסתו m מונח על מסילה חלקה בגובה H מהקרקע. הגוף מחליק במסילה, ונכנס למסלול מעגלי שניצב לקרקע ורדיוסו $R = 50_{cm}$. תלמיד שחרר את הגוף כל פעם מגובה H שונה, ובדק לאיזה גובה h מקסימלי הגיע הגוף במהלך מסלולו המעגלי.



הגרף הבא מתאר את הגובה המקסימלי אליו הגיע הגוף במהלך תנועתו הסיבובית, כפונקציה של הגובה ממנו שוחרר הגוף (שים לב שהגרף מורכב מ-3 ישרים בעלי שיפוע שונה).



א. הסבר מדוע כאשר משחררים את הגוף בתחום הגבהים שבין הנקודות O עד C, הגוף <u>נשאר</u> על המסילה ולא מתנתק ממנה.

ב. הסבר מדוע כאשר משחררים את הגוף בתחום הגבהים שבין הנקודות C עד D, הגוף <u>מתנתק</u> מהמסילה.

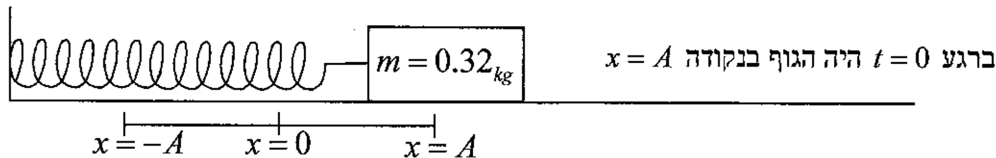
ג. מצא את הנקודות A,B,C שבגרף.

ד. התלמיד חשב שכדי שהגוף יצליח להגיע לגובה המקסימלי של המסילה, צריך לשחרר אותו מינימום מגובה H, השווה בדיוק לקוטר המעגל. מהו השיקול הפיסיקלי עליו ביסס התלמיד את חשיבתו, ומדוע הוא שגוי ?

ה. מצא את הנקודה D שבגרף.

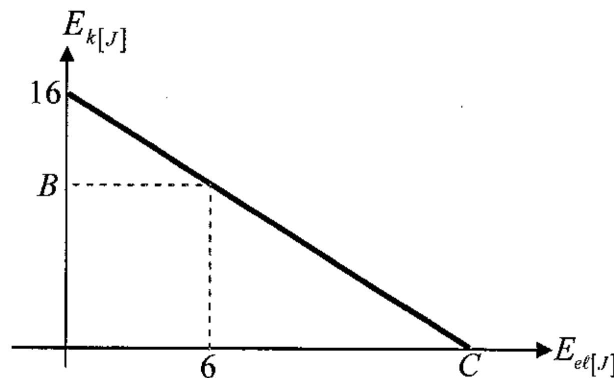
שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו $m = 0.32_{kg}$, מחובר לקפיץ ונמצא על מישור אופקי חלק. המיקום $x = 0$ מתאים לנקודה שבה הגוף נמצא כשהקפיץ רפוי. מתחו את הקפיץ (עם הגוף) למרחק $x = A$, וברגע $t = 0$ הרפו. הגוף החל לבצע תנועה הרמונית.



ברגע $t = 0$ היה הגוף בנקודה $x = A$

הגרף הבא מתאר את האנרגיה הקינטית שיש לגוף, כפונקציה של האנרגיה האלסטית האגורה בקפיץ :



א. מצא את הנקודות B,C שבגרף.

ב. היכן מתקבלת האנרגיה הקינטית המקסימלית של הגוף ? היכן מתקבלת האנרגיה האלסטית המקסימלית ?

ידוע שהגוף מבצע 5 תנודות במשך $0.4\pi_{sec}$

ג. מצא את קבוע הקפיץ.

ד. מצא את משרעת התנודה.

ה. רשום ביטוי למיקום הגוף כפונקציה של הזמן.

ו.(רשות) באיזה רגע יגיע הגוף בפעם <u>הראשונה</u>, לנקודה שבה האנרגיה הקינטית גבוהה פי 15 מהאנרגיה האלסטית ?

שאלה 6 (כבידה)

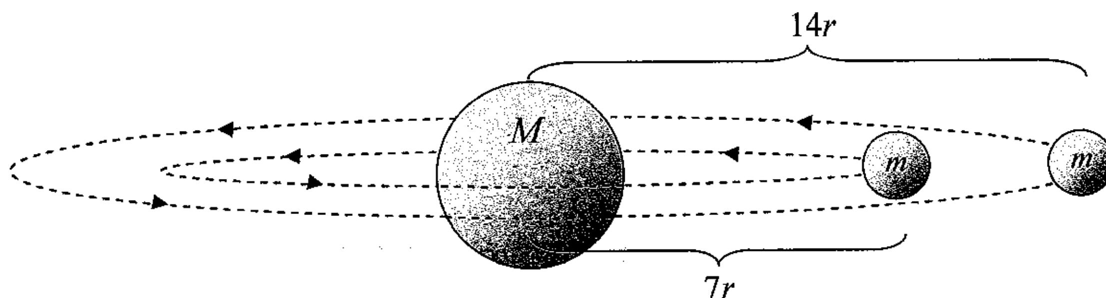
קפלר טען שאם ניקח שני לווינים הסובבים סביב אותו הכוכב, יחס רדיוסי הסיבוב שלהם בחזקה שלישית,

שווה ליחס זמני המחזור שלהם בחזקה ריבועית $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

ניתן להתיחס לכוכב נוגה ולכדור הארץ, כאל שני לווינים, הסובבים סביב השמש.

א. היעזר בטבלת הנתונים של כוכבי הלכת, והראה שנוסחת קפלר אכן מתקיימת עבור שני כוכבי הלכת נוגה, וכדור הארץ.

מדענים גילו בחלל כוכב שמסתו M. מתצפיות שערכו על הכוכב החדש הם גילו שמסביבו חגים שני כוכבים זהים, בעלי מסה m כל אחד. הכוכבים חגים בצורה כזאת, כך שכל הזמן הם יוצרים <u>קו אחד</u> עם הכוכב M. רדיוס הסיבוב של הכוכב הקרוב יותר לכוכב M הוא $7r$, ורדיוס הסיבוב של הכוכב השני הוא $14r$, (ראה ציור).



ב. הסבר מדוע חייב להיות לשני הכוכבים אותו זמן מחזור.

ג. מדוע נוסחת קפלר לא תפעל במקרה זה ?

ד. ערוך תרשים כוחות על שני הכוכבים שמסתם m.

ה. מצא את מסת הכוכב M (יש לבטא את התשובה באמצעות m בלבד).

ו.(רשות) נתון $m = 7 \cdot 10^{24}{}_{kg}$, $r = 4 \cdot 10^{8}{}_{m}$. מצא תוך כמה ימים משלימים הכוכבים סיבוב שלם סביב הכוכב M.

ז. במערכת השמש קיימים מקרים בהם השמש, כוכב נוגה, וכדור הארץ נמצאים רגעית על קו ישר אחד. מדוע ניתן להזניח את השפעת הכוחות שיוצרים נוגה וכדור הארץ זה על זה ?

פתרון סופי

מבחן מספר 3

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. התלמיד טועה. האנרגיה הכוללת של הכדורים תהיה זהה רק אם מסתם זהה.

ב. $v_1 = 20 \frac{m}{sec}$

ג. $t = 3_{sec}$ $\quad H_2 = 45_m$ $\quad H_1 = 105_m$

ד. $d = 120_m$

ה. $a_{max} = 26\frac{2}{3} \frac{m}{sec^2}$

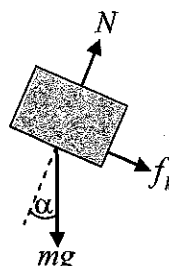
ו. הכדורים תמיד יהיו באותו מיקום אופקי, ולכן ייפגשו בגובה הקרקע.

פתרון שאלה 2

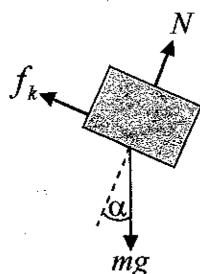
א. בזמן העלייה השיפוע הוא $a = -10 \frac{m}{sec^2}$ (כיוון התאוצה הוא כלפי מטה-הגוף מאיט בכיוון החיובי).

בזמן הירידה השיפוע הוא $a = -2 \frac{m}{sec^2}$ (כיוון התאוצה הוא כלפי מטה-הגוף מאיץ בכיוון השלילי).

ב. הכוחות בעליה :



הכוחות בירידה :



ג. התאוצה בעליה : $a = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)$

התאוצה בירידה : $a = -g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$

ד. הסבר פיסיקלי : בזמן העליה, הגוף מאיט כתוצאה משני כוחות - כוח הכובד וכוח החיכוך. בזמן הירידה, כוח הכובד מאיץ את הגוף מטה, ורק החיכוך מאיט אותו. המשמעות היא שהגוף מאיט מהר יותר בעליה, לעומת תאוצתו בירידה, ולכן זמן העלייה קצר מזמן הירידה.

הסבר מתמטי : ע"פ המשוואות שקיבלנו בסעיף הקודם, ניתן לראות שבמקרה של הירידה גודל התאוצה קטן מגודל התאוצה בעליה.

ההעתק בעליה ובירידה זהה, ולכן כאשר הגוף נע בתאוצה נמוכה יותר- הזמן יהיה ארוך יותר.

ה. $\mu = 0.5 \qquad \alpha = 36.87^\circ$

ו. רכיב כוח הכובד מתגבר על החיכוך הסטטי המקסימלי ($0.6mg > 0.4mg$), ולכן הגוף יאיץ חזרה כלפי מטה.

ז. 3.236_{sec}

פתרון שאלה 3

א. $t = 2_{sec}$

ב. מהירות הכדור ברגע בו החל הכוח F לפעול עליו, היא $20_{\frac{m}{sec}}$ כלפי מטה.

ג. בזמנים $2_{sec} < t < 6_{sec}$ הכוח מבצע עבודה שלילית, ובזמנים $6_{sec} < t < 12_{sec}$ הכוח מבצע עבודה חיובית.

ד. הכוח שפעל על הכדור הוא $F = 6_N$ כלפי מעלה.

ה. $m = 0.4_{kg}$

ו. הכדור שוחרר מגובה $h_1 = 70_m$.

הגובה המינימלי של הכדור מהקרקע הוא $h_2 = 10_m$.

ז. $E_{end} = 580_J$

פתרון שאלה 4

א. כאשר משחררים את הגוף מגובה הנמוך מרדיוס המעגל, הגוף יגיע לגובה הזהה לגובה ממנו הוא שוחרר (לפי חוק שימור האנרגיה), ויחליק חזרה כלפי מטה מבלי להנתק מהמסילה. תחום הגבהים שבין O ל-C הוא $0 \le H \le 50_{cm}$.

ב. בתחום הגבהים שבין C ל-D, הגוף משוחרר מגובה הגדול מרדיוס המעגל, ולכן אם לא תהיה לו מספיק מהירות שתצמיד אותו למסלול, הוא יתנתק מהמסלול ויפול.

ג. $A(0,0.5) \qquad B(0,1) \qquad C(0.5,0)$

ד. התלמיד חשב שיש לדרוש שהכדור יגיע לגובה המירבי במסלול המעגלי ללא מהירות. לפי טענה זו, בהתאם לחוק שימור האנרגיה, יש לשחרר אותו מגובה השווה בדיוק לקוטר המעגל.

התלמיד טועה, כי התנאי שגוף יגיע לשיא הגובה במסלול מעגלי, הוא שהכדור ילחץ על המסילה בכוח כלשהו. לשם כך הוא חייב שתהיה לו מהירות מסויימת !

ה. $D(1.25,0)$

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. $C(16,0)$ $\quad B(0,10)$

ב. האנרגיה הקינטית המקסימלית מתקבלת בנש"מ, כשהקפיץ רפוי. האנרגיה האלסטית המקסימלית מתקבלת בקצוות, כשהגוף ללא מהירות.

ג. $k = 200_{\frac{N}{m}}$

ד. $A = 0.4_m$

ה. $x = 0.4\cos(25t)$

ו. $t = 0.0527_{\text{sec}}$

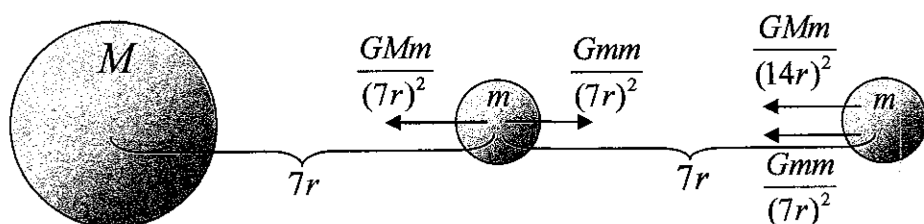
פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. שני האגפים של נוסחת קפלר יוצאים זהים : $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = 0.378$

ב. שני הכוכבים המסתובבים, נמצאים בכל עת על קו ישר אחד עם הכוכב M. ברגע שהכוכב הרחוק יסיים סיבוב שלם, גם הכוכב השני יסיים סיבוב שלם, כי הוא נמצא כל העת בין הכוכב הרחוק לכוכב M. מכאן שיהיה לשניהם אותו זמן מחזור.

ג. נוסחת קפלר לא מתקיימת כאן, כי הכוכבים המבצעים את התנועה המעגלית משפיעים זה על זה, ואילו נוסחת קפלר יוצאת מתוך הנחה שלוויינים הסובבים סביב כוכב מסויים אינם משפיעים זה על זה.

ד. תרשים הכוחות על כל כוכב :



ה. $M = 1\frac{5}{7}m$

ו. $T = 590_{days}$

ז. הכוח שמפעילה השמש על כל אחד מהכוכבים הסובבים אותה מתקבל מהנוסחה $F = \frac{GMm}{r^2}$.

אם נתבונן בטבלת כוכבי הלכת, נשים לב שהמסות של כדור הארץ ושל נוגה הם בסדרי גודל דומה, ואילו מסת השמש היא בסדרי גודל של "פי 10^6" ממסת נוגה וכדור הארץ.

כמו כן, המרחקים בין הכוכבים הם בסדרי גודל די דומים.

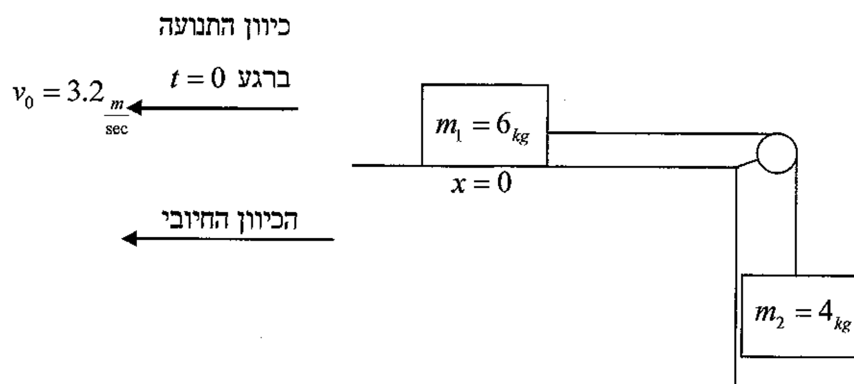
המסקנה היא, שהכוח שמפעילה השמש על כל אחד מהכוכבים הנ"ל, יהיה בסדרי גודל של "פי 10^6" לעומת הכוח שמפעילים שני הכוכבים זה על זה, גם כשהם בקו ישר עם השמש, ולכן ניתן להזניח את השפעתם זה על זה.

מבחן מספר 4

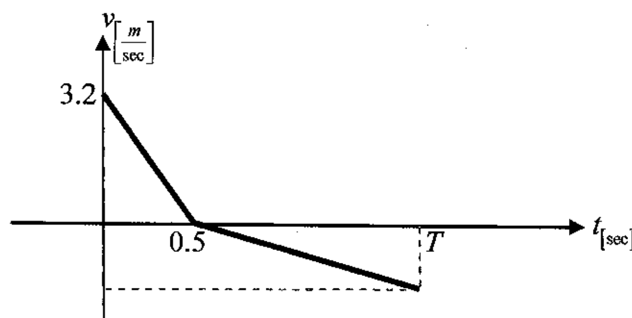
יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

נתונה המערכת הבאה, שנמצאת ברגע $t=0$ בתנועה שמאלה, במהירות $v_0=3.2\frac{m}{sec}$. מיקום המסה m_1 ברגע $t=0$ יקבע כמיקום $x=0$. הכיוון שמאלה יחשב ככיוון החיובי עבור המסה m_1.



הגרף הבא מתאר את מהירות המערכת כפונקציה של הזמן מרגע $t=0$, ועד הרגע T, בו הגיעה המסה m_1 חזרה למיקום $x=0$:



א. הסבר באמצעות הגרף, מדוע קיים חיכוך בין המשטח למסה m_1.

ב. מצא את מקדם החיכוך הקינטי בין המסה m_1 והמשטח.

ג. מצא את הרגע T, בו חזרה המסה m_1 למיקום $x=0$.

ד. מה הייתה מהירות המערכת ברגע בו חזרה המסה m_1 למיקום $x=0$?

ה. כיצד היה נראה גרף של מהירות המערכת כפונקציה של הזמן, אילו לא היה חיכוך ? סמן בגרף את הרגע בו הייתה המערכת נעצרת, ואת הרגע בו המערכת הייתה חוזרת למיקום $x=0$.

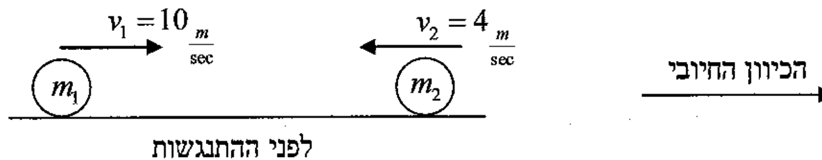
ו.(רשות) מצא את תחום הערכים בו חייב להיות מקדם החיכוך הסטטי בין המסה m_1 והמשטח, כדי שתתאפשר התנועה המתוארת בשאלה.

שאלה 2

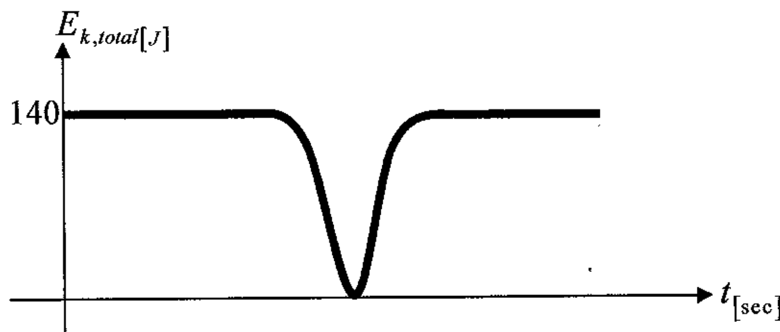
נתונים 2 כדורים, שמחליקים האחד לכיוון השני על מישור אופקי חלק.

כדור 1 מסתו m_1, ומהירותו $v_1 = 10\,\frac{m}{sec}$ ימינה. כדור 2 מסתו m_2 ומהירותו $v_2 = 4\,\frac{m}{sec}$ שמאלה.

הכיוון ימינה נקבע ככיוון החיובי.



הגרף הבא מתאר את השתנות האנרגיה הקינטית הכוללת של 2 הכדורים, כפונקציה של הזמן.



א. הסבר מדוע זו חייבת להיות התנגשות אלסטית.

ב. מדוע האנרגיה הקינטית הכוללת של 2 המסות דועכת במהלך ההתנגשות ? האין זו סתירה לעובדה שההתנגשות היא אלסטית ?

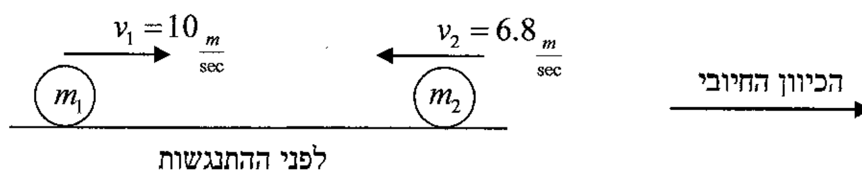
ג. מהו התנע הכולל של מערכת הכדורים ? הסבר מדוע הוא נשאר קבוע.

ד. מצא את המסות של הכדורים.

ה. מצא את המהירות של כל כדור לאחר ההתנגשות.

ו. במקרה אחר, כדור 2 (שמסתו m_2) נע במהירות $v_2 = 6.8\ \frac{m}{sec}$ שמאלה לפני ההתנגשות.

כדור 1 נע באותה המהירות כמו קודם.

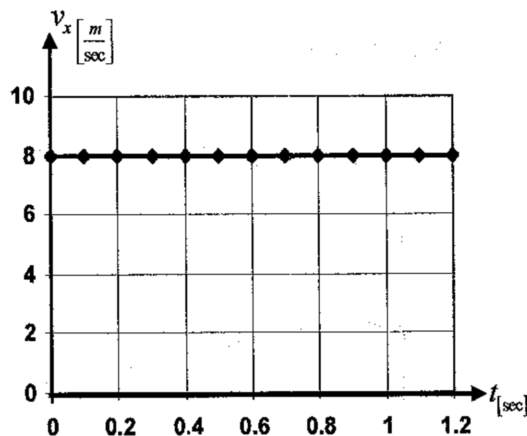


מסות הכדורים לא השתנתה, וההתנגשות היא עדיין אלסטית.

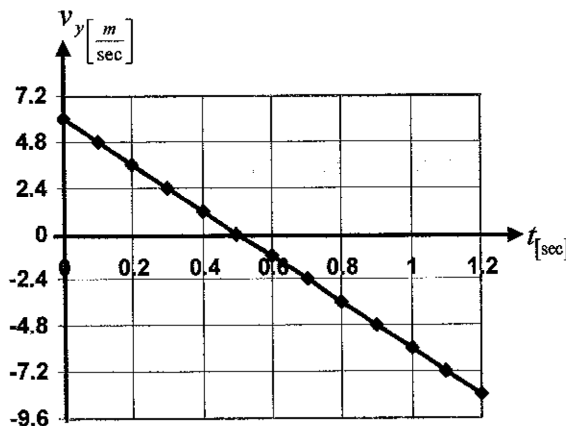
מצא את האנרגיה <u>הקינטית הכוללת המינימלית</u> שתהיה ל-2 הכדורים במהלך ההתנגשות.

שאלה 3

בכוכב לכת דמיוני, אבן שמסתה מאה גרם, נזרקה מנקודה מסוימת מעל הקרקע בכיוון משופע. בתרשים א מוצגות תוצאות המדידות של הרכיב האופקי של מהירות האבן, v_x , כפונקציה של הזמן. בתרשים ב מוצגות תוצאות המדידות של הרכיב האנכי של מהירות האבן, v_y , כפונקציה של הזמן.



תרשים א



תרשים ב

א. האם כיוון המהירות ההתחלתית של האבן הוא מעל האופק או מתחת לאופק ? נמק.

ב. מצא את המהירות ההתחלתית של האבן. בתשובתך ציין גודל וכיוון.

ג. האם תאוצת הכובד על פני כוכב הלכת הדמיוני, קטנה מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ, גדולה ממנה או שווה לה ? נמק.

ד. האבן פגעה בקרקע ברגע $t = 1.2_{sec}$. חשב מאיזה גובה מעל הקרקע נזרקה האבן.

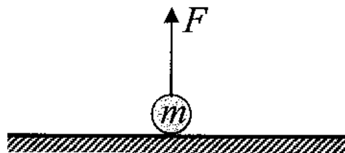
ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האבן בשיא גובהה.

זורקים את האבן פעם נוספת מאותה נקודה ובאותה מהירות (גודל וכיוון), אולם הפעם במהלך תנועת האבן פועל עליה כוח אופקי קבוע בגודל 1.5_N , ובכיוון מנוגד לכיוון הרכיב האופקי של המהירות ההתחלתית.

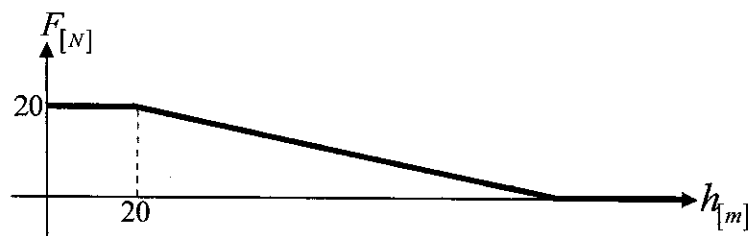
ו. שרטט גרף של הרכיב האופקי של מהירות האבן, v_x , במהלך תנועתה כפונקציה של הזמן, מרגע הזריקה, ועד רגע פגיעתה בקרקע.

שאלה 4

גוף שמסתו $m = 1_{kg}$, נמצא על הקרקע במנוחה. ברגע מסוים מפעילים עליו כוח חיצוני F כלפי מעלה.



הגרף הבא מתאר את הכוח F שפעל על הגוף במהלך עלייתו, כפונקציה של גובה הגוף מפני הקרקע :



א. מצא את מהירות הגוף בגובה $h = 20_m$, כשהוא <u>במהלך עלייתו</u>.

ב. מהו הכוח F (גודל וכיוון) שצריך להפעיל על הגוף כשהוא באוויר, כדי שהוא יהיה בשיווי משקל ?

ג. הסבר מדוע המהירות המירבית של הגוף במהלך עלייתו, מתקבלת כשפועל עליו הכוח F שמצאת בסעיף הקודם.

המהירות המקסימלית של הגוף במהלך עלייתו מתקבלת בגובה $h = 70_m$.

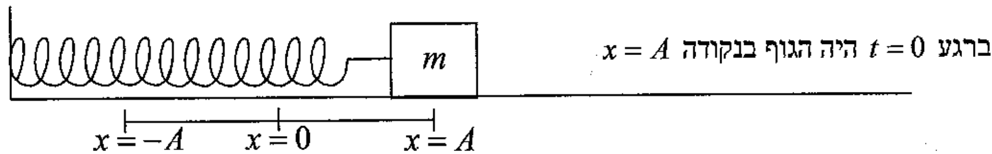
ד. מצא את המהירות המקסימלית של הגוף במהלך עלייתו.

ה. מה הייתה מהירות הגוף ברגע שהכוח F חדל לפעול ?

ו. מהו הגובה המירבי אליו יגיע הגוף ?

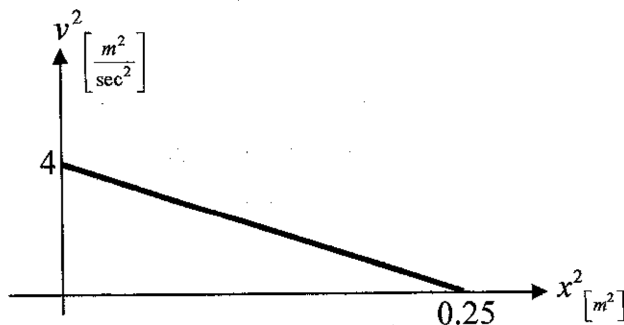
שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו m, מחובר לקפיץ ונמצא על מישור אופקי חלק. המיקום $x=0$ מתאים לנקודה שבה הגוף נמצא כשהקפיץ רפוי. מתחו את הקפיץ (עם הגוף) למרחק $x=A$, וברגע $t=0$ הרפו. הגוף החל לבצע תנועה הרמונית.



ברגע $t=0$ היה הגוף בנקודה $x=A$

הגרף הבא מתאר את גודל מהירות הגוף בחזקה ריבועית, כפונקציה של העתק הגוף בחזקה ריבועית :



א. מצא את שיפוע הגרף. איזה גודל פיסיקלי הוא מייצג ?

ב. מצא את משרעת התנודה, ואת גודל המהירות המקסימלית שתהיה לגוף במהלך תנועתו.

ג. באיזה רגע יגיע הגוף למהירותו המקסימלית הפעם הראשונה? הרביעית ? המאה ?

ד. רשום נוסחה לתאוצת הגוף כפונקציה של הזמן. הצב בה את הרגע שבו אמור הגוף לקבל את מהירותו המקסימלית בפעם המאה. הסבר את המשמעות הפיסיקלית של התשובה המתקבלת.

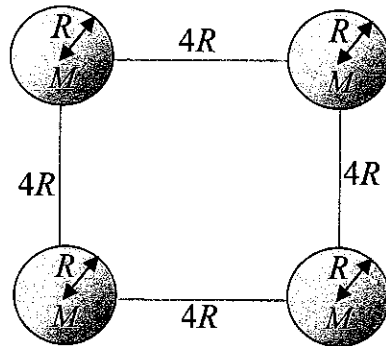
מחליפים את הגוף שבשאלה, בגוף אחר שמסתו קטנה פי 9 מהמסה הנתונה. הגוף החדש מבצע תנועה הרמונית באותה המשרעת כמו הגוף הקודם.

ה. כיצד יראה הגרף של גודל מהירות הגוף בחזקה ריבועית, כפונקציה של העתק הגוף בחזקה ריבועית ?

ו. האם האנרגיה הקינטית המקסימלית של הגוף תשתנה, או תשאר כמו שהייתה לפני החלפת הגוף ?

שאלה 6 (כבידה)

נתונות 4 מסות, הנמצאות במנוחה על ארבעת קודקודיו של ריבוע שאורך צלעו היא $4R$, כמתואר בתרשים הבא :



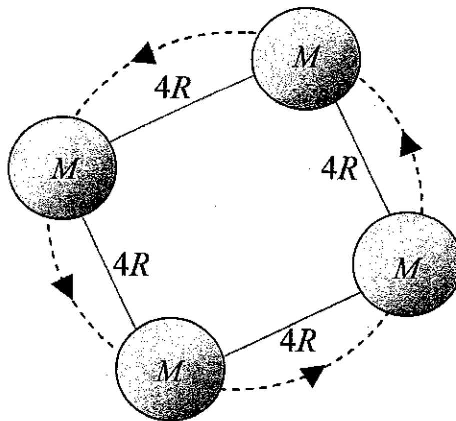
גודל כל אחת מהמסות הוא M ורדיוס כל מסה הוא R.

א. מהו הכוח שמרגישה כל מסה? (גודל וכיוון)

ב. מהי סך האנרגיה האגורה במערכת המסות ?

ג. מה תהיה מהירות כל מסה כשהן יפגשו ? (רמז : ברגע המפגש נוצר בין המסות ריבוע שאורך צלעו $2R$)

במקרה אחר, המסות מבצעות תנועה מעגלית כך שהן יוצרות בכל רגע נתון ריבוע שצלעו $4R$:



ד. כיצד ייתכן שהמסות לא מתנגשות זו בזו כפי שקרה כשהן היו במנוחה ?

ה.(רשות) מה חייבת להיות המהירות המשיקית של כל מסה ?

ו.(רשות) מצא את הזמן שלוקח לכל מסה להשלים סיבוב שלם.

פתרון סופי

מבחן מספר 4

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

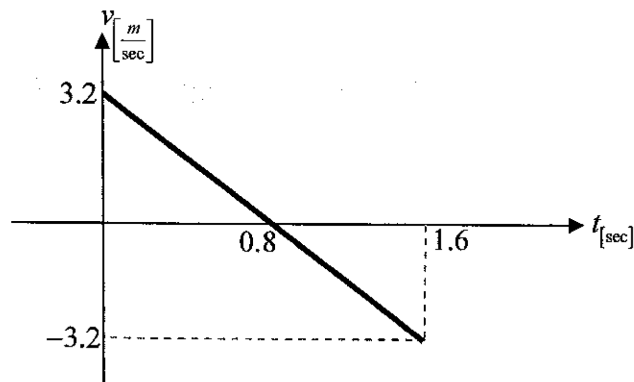
א. שיפוע הגרף של מהירות המערכת כפונקציה של הזמן, נותן את תאוצת המערכת.
שיפוע הגרף בתחום הזמנים $t < 0.5_{sec}$, תלול יותר מאשר בתחום הזמנים $t > 0.5_{sec}$. כלומר גודל התאוצה של המערכת משתנה, ומכאן שהכוחות הפועלים על המערכת משתנים. ההסבר היחיד האפשרי הוא שקיים חיכוך, שמשנה את כיוונו לאחר שהמערכת משנה את כיוון התנועה.

ב. מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.4$.

ג. $T = 1.5_{sec}$

ד. מהירות המערכת ברגע בו תגיע המסה m_1 חזרה למיקום $x = 0$ היא $v_t = 1.6_{\frac{m}{sec}}$ ימינה.

ה.



ו. $0.4 \le \mu_S < \frac{2}{3}$

פתרון שאלה 2

א. ההגדרה של התנגשות אלסטית היא שהאנרגיה הכוללת של המערכת לא משתנה. האנרגיה שיש ל-2 הכדורים לפני ההתנגשות ואחריה, היא רק אנרגיה קינטית. קל לראות מהגרף שאנרגיה זו לא משתנה ונשארת 140_J. מכאן שזו התנגשות אלסטית.

ב. במהלך ההתנגשות מאבדים הכדורים אנרגיה קינטית לטובת אנרגיה אלסטית. הכדורים לוחצים זה על זה, והאנרגיה האלסטית שלהם גוברת על חשבון האנרגיה הקינטית. בסה"כ האנרגיה הכוללת נשארת 140_J, ולכן אין סתירה לעובדה שההתנגשות היא אלסטית.

ג. התנע הכולל של שני הכדורים לפני ההתנגשות הוא 0, ונשאר כך לכל אורך ההתנגשות ואחריה, כי לא פועלים כוחות חיצוניים על המערכת.

ד. $m_1 = 2_{kg} \qquad m_2 = 5_{kg}$

ה. כדור 1 ינוע במהירות $10_{\frac{m}{sec}}$ שמאלה לאחר ההתנגשות.

כדור 2 ינוע במהירות $4_{\frac{m}{sec}}$ ימינה לאחר ההתנגשות.

ו. $E_{k,total} = 14_J$

פתרון שאלה 3

א. כיוון המהירות ההתחלתית הוא מעל האופק.

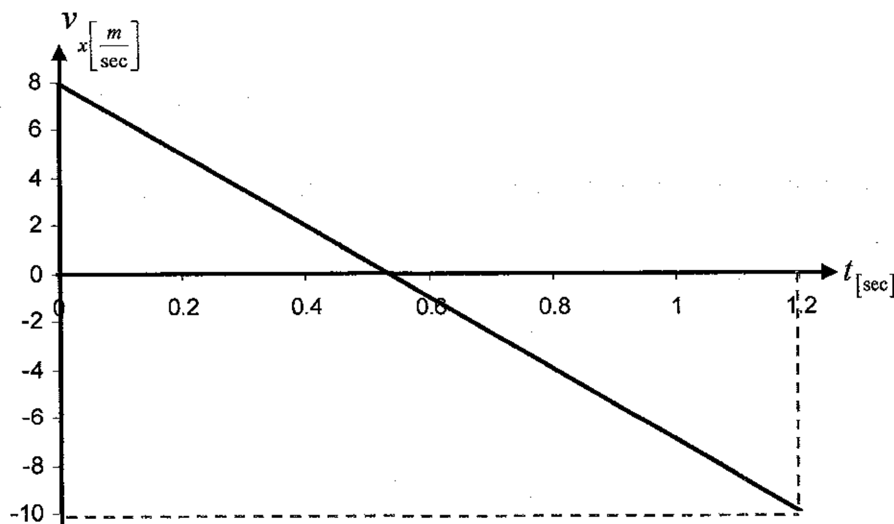
ב. המהירות ההתחלתית של האבן שווה ל-10 מטרים לשנייה, וכיוונה 36.87 מעלות מעל האופק.

ג. תאוצת הכובד על פני כוכב הלכת הדמיוני <u>גדולה</u> מתאוצת הכובד על פני כדור הארץ.

ד. $H = 1.44_m$

ה. $E_k = 3.2_J$

ו.



פתרון שאלה 4

א. מהירות הגוף תהיה $v = 20_{\frac{m}{sec}}$ כלפי מעלה.

ב. $F = 10_N$

ג. כל עוד הכוח F גדול מכוח הכובד, הגוף יאיץ, וברגע שהכוח F קטן מכוח הכובד הגוף יאט.

כשהכוח F משתווה לכוח הכובד, הגוף מקבל את מהירותו המקסימלית.

ד. המהירות המקסימלית של הגוף במהלך עלייתו היא $v = 30_{\frac{m}{sec}}$ כלפי מעלה.

ה. ברגע כשהכוח F מפסיק לפעול, מהירות הגוף היא $v=20_{\frac{m}{sec}}$ כלפי מעלה.

ו. הגוף יגיע לגובה מקסימלי של $h=140_m$.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. שיפוע הגרף הוא $-16_{\frac{1}{sec^2}}$. גודל השיפוע מייצג את המהירות הזוויתית של התנועה, בחזקה ריבועית.

ב. $A=0.5_m$ $\qquad$ $|v_{max}|=2_{\frac{m}{sec}}$

ג. בפעם הראשונה: $t=0.3927_{sec}$

בפעם הרביעית: $t=2.7489_{sec}$

בפעם המאה: $t=78.1471_{sec}$

ד. $a=-8\cos(4t)$

כשנציב $t=\frac{199\pi}{8}{}_{sec}$ נקבל $a=0$.

הגוף מקבל את מהירותו המקסימלית בנש"מ, שם שקול הכוחות הפועלים על הגוף הוא 0, ולכן גם התאוצה היא 0.

ה.



ו. האנרגיה הקינטית המקסימלית של הגוף תשאר זהה בשני המקרים.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $F_{total} = 0.1196\frac{GM^2}{R^2}$ כיוון הכוח השקול הוא למרכז הריבוע.

ב. $E_{total} = -1.3536\frac{GM^2}{R}$

ג. $v = 0.8226\sqrt{\frac{GM}{R}}$

ד. המסות מבצעות תנועה מעגלית, וכוח המשיכה משנה רק את כיוון המהירות! (במקרה הקודם, המסות היו במנוחה, ולכן כוח המשיכה שינה את גודל המהירות).

ה. $v = 0.5816\sqrt{\frac{GM}{R}}$

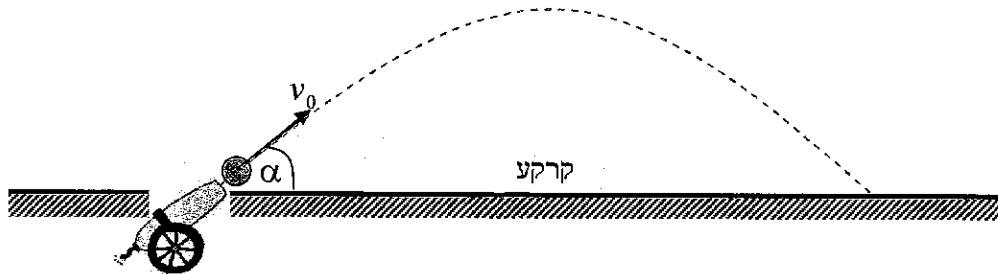
ו. $T = 30.5563\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$

מבחן מספר 5

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

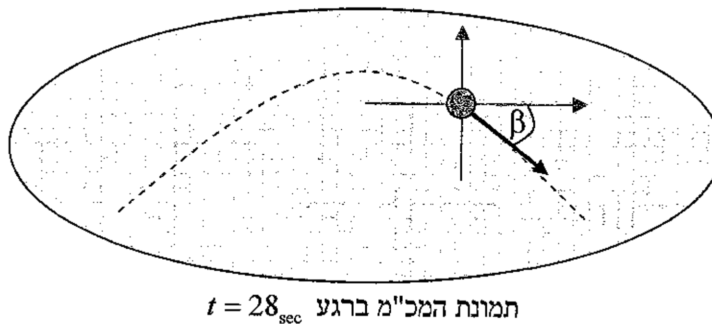
תותח הנמצא בעמדה מחופרת בתוך הקרקע, יורה פגז ברגע $t = 0$ בזווית $\alpha = 53.13^\circ$ מעל הציר האופקי, כמתואר בתרשים.



קבוצת חיילים מחיל הנ"מ נותנים הוראה למכ"מ לצלם את הפגז ברגע $t = 28_{sec}$, כשהוא עוד באוויר.

המחשב של המכ"מ מסוגל לחשב את זווית התנועה של הפגז.

לפניך תמונת המכ"מ שהתקבלה :



תמונת המכ"מ ברגע $t = 28_{sec}$

זווית התנועה של הפגז ברגע $t = 28_{sec}$ היא $\beta = 45^\circ$ מתחת לציר האופקי.

א. מצא את גודל המהירות שבה נורה הפגז מהתותח (v_0).

ב. מצא את גודל המהירות שבה נצפה הפגז ע"י המכ"מ.

ג. באיזה גובה מעל פני הקרקע היה הפגז, ברגע שצולם ע"י המכ"מ ?

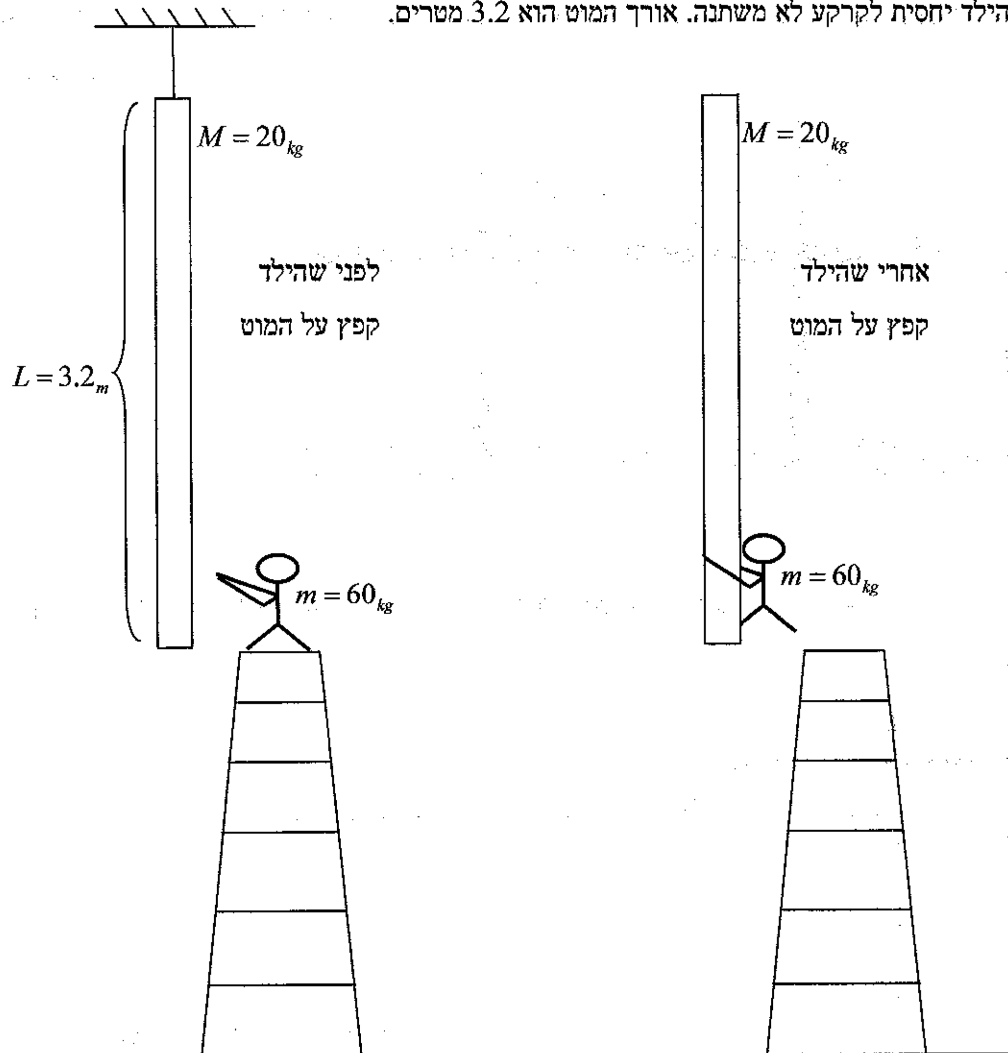
ד. מהו טווח הירייה של התותח ? (המרחק האופקי שיעבור הפגז, מרגע הירייה ועד נחיתתו על הקרקע)

ה. מהו הגובה המירבי מהקרקע, אליו מגיע הפגז ?

ו.(רשות) באיזה רגע נוסף במהלך תנועת הפגז, הוא ייצר זווית 45° עם הציר האופקי ?

שאלה 2

ילד שמסתו $m = 60_{kg}$ עומד בראש סולם, וקופץ על מוט שמסתו $M = 20_{kg}$, התלוי באמצעות חוט לתקרה. כתוצאה מכך נקרע החוט, והמוט מתחיל ליפול. הילד המבוהל מתחיל לטפס במהירות כלפי מעלה במוט, כך שמרחקו של הילד יחסית לקרקע לא משתנה. אורך המוט הוא 3.2 מטרים.



א. מהו הכוח שפעל על החוט שהחזיק את המוט, כשהילד קפץ על המוט, רגע לפני שהוא נקרע ?

ב. סמן את הכוחות הפועלים על הילד, ואת הכוחות הפועלים על המוט, לאחר שנקרע החוט.

ג. מהו הכוח שמפעיל הילד על המוט ?

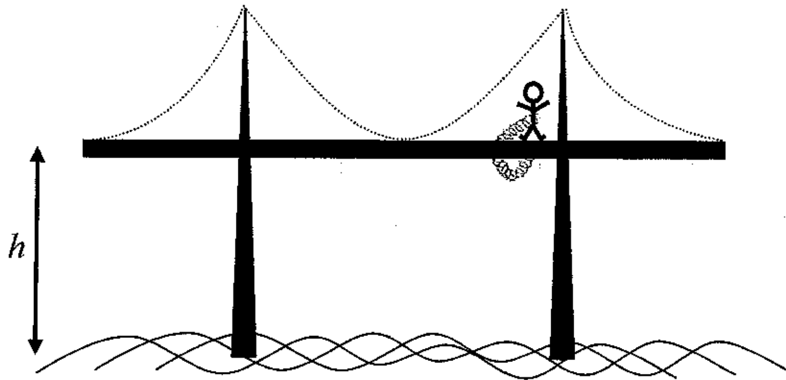
ד. באיזו תאוצה נופל המוט כלפי מטה ?

ה. תוך כמה זמן מרגע הקפיצה, יישמט המוט מידי הילד ?

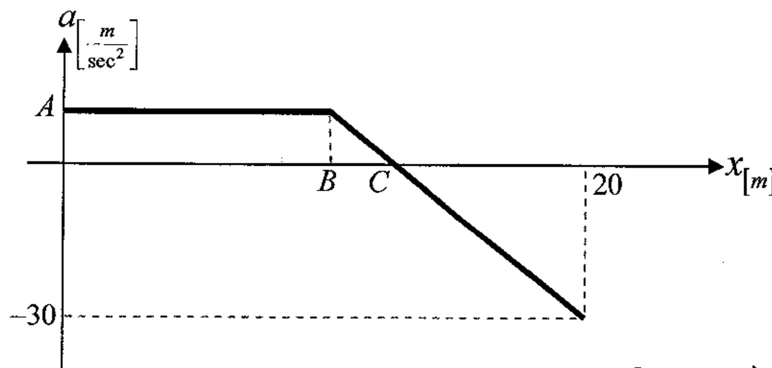
שאלה 3

אדם שמסתו $m = 70_{kg}$, עומד לבצע קפיצת בנג'י מגשר הנמצא בגובה h מעל המים. האדם קשור במותניו לקפיץ. הקפיץ נמצא במצב רפוי ומחובר בצידו האחר לגשר, כמתואר בתרשים.

האדם תכנן את הקפיצה, כך שבשיא המתיחה של הקפיץ, הוא יגיע בדיוק לגובה פני המים, ומיד יימשך חזרה כלפי מעלה.



הגרף הבא מתאר את תאוצת האדם a , בזמן נפילתו, כפונקציה של ההעתק שעבר, עד רגע פגיעתו במים.



א. מהו גובה הגשר מעל פני המים ?

ב. מצא את קבוע הקפיץ.

ג. מצא בגרף את הנקודות A, B, C .

ד. שרטט גרף של הכוח השקול שפעל על האדם כפונקציה של ההעתק, עד רגע פגיעתו במים.

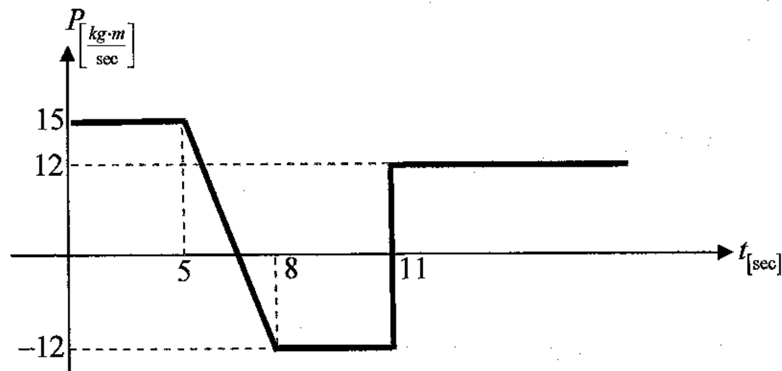
ה. התייחס לגרף ששרטטת בסעיף ה, והראה שהשטח החיובי שווה לשטח השלילי. הסבר את משמעות הדבר מבחינה פיסיקלית.

ו. מצא <u>באמצעות הגרף</u> ששרטטת בסעיף ד, את המהירות המקסימלית שתהיה לאדם במהלך נפילתו.

שאלה 4

הגרף הבא מתאר תנע של כדור שמחליק ימינה על פני מישור אופקי חלק, כפונקציה של הזמן.

כיוון התנועה החיובי עבור הכדור מוגדר להיות ימינה.

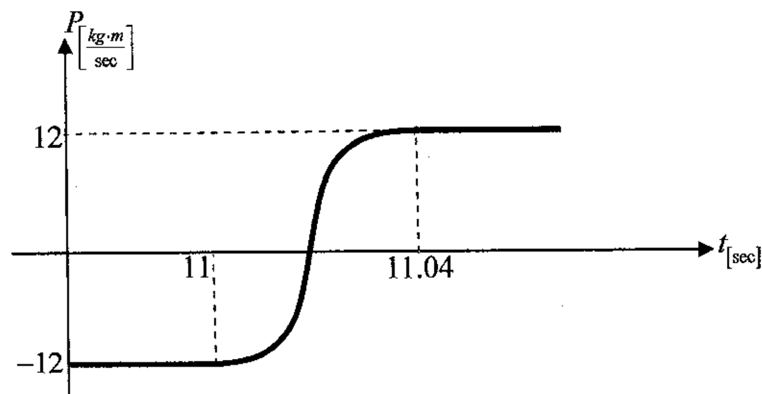


א. מהו הכוח שפעל על הכדור ב-5 השניות הראשונות של תנועתו ?

ב. מהו הכוח שפעל על הכדור בתחום הזמנים $5_{sec} < t < 8_{sec}$?

ג. ברגע $t = 11_{sec}$, הייתה עלייה חדה בתנע של הגוף. תלמיד טען שלא ייתכן שהתנע ישתנה ב-0 שניות מ- $-12_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$ ל- $12_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$. מדוע התלמיד צודק, ולמה בגרף זה נראה כאילו העלייה בתנע מתרחשת ב-0 שניות ?

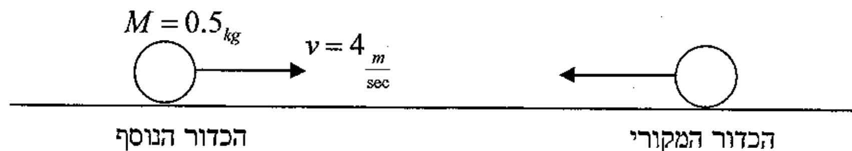
ד. התלמיד נעזר במחשב ועשה הגדלה של הגרף סביב $t = 11_{sec}$. לפניך התוצאה שהתקבלה :



התלמיד עיין בגרף, וחשב שאולי השתנות התנע בזמן כה קצר נובעת מכך שהכדור התנגש התנגשות אלסטית בקיר, וחזר חזרה. האם יש הגיון בחשיבה של התלמיד ?

ה. מאוחר יותר הסתבר לתלמיד שהעליה החדה בתנע נובעת מהתנגשות של הכדור המקורי עם כדור נוסף שבא לקראתו. התלמיד טען, שבגלל שהאנרגיה הקינטית של הכדור המקורי לפני ההתנגשות זהה לאנרגיה הקינטית שלו אחריה, ההתנגשות חייבת להיות אלסטית. מדוע שגה התלמיד ?

ו. ידוע שהכדור שנע לקראת הכדור המקורי היה בעל מסה $M = 0.5_{kg}$, ומהירות $v = 4 \frac{m}{sec}$:



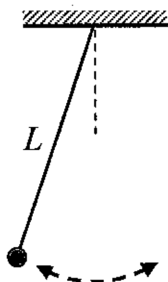
הוסף לגרף המתאר את השתנות התנע של הכדור המקורי כפונקציה של הזמן, את גרף השתנות התנע של הכדור הנוסף כפונקציה של הזמן במהלך ההתנגשות. הסבר מדוע ההתנגשות לא יכולה להיות אלסטית.

ז.(רשות) מה חייב להיות התנע של הכדור הנוסף רגע לפני ההתנגשות, כדי שההתנגשות תהיה אלסטית ? האם שני הכדורים חייבים להיות בעלי אותה המסה ?

שאלה 5 (הרמונית)

נתון חוט שאורכו L , התלוי בקצהו האחד מהתקרה, ולקצהו השני מחוברת משקולת.

תלמיד הסיט את החוט בזווית קטנה, חיכה 12 מחזורים, וגילה שהזמן שחלף היה $t = 37.7_{sec}$.



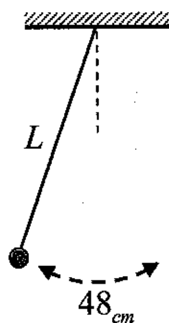
א. מדוע מדד התלמיד את הזמן עבור 12 מחזורים, ולא הסתפק במדידת זמן של מחזור בודד ?

ב. מצא את אורך החוט.

ג. מדוע היה חשוב להסיט את החוט בזווית קטנה ?

ד. אילו אותו מתקן היה נמצא על הירח, והיו מסיטים את החוט בזווית קטנה, האם הזמן שהיה לוקח למשקולת להשלים 12 מחזורים היה קטן\גדול\שווה לזמן שנמדד ע"י התלמיד ? נמק !

התלמיד צילם את תנודות המשקולת, ומדד באמצעות התמונות שקיבל את אורך הקשת לאורכה נעה המשקולת מצד לצד. התוצאה שקיבל הייתה 48 ס"מ.



ה. כיצד מאשרת תוצאה זו את העובדה שהתלמיד אכן הסיט את החוט בזווית קטנה ? נסה להעריך את גודל זווית ההסטה.

ו. היכן מקבלת המשקולת את מהירותה המקסימלית ? מצא את גודלה של מהירות זו.

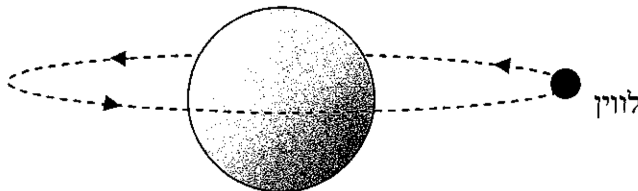
ז.(רשות) היכן מקבלת המשקולת את תאוצתה המקסימלית ? מצא את גודלה של תאוצה זו.

שאלה 6 (כבידה)

נתון כוכב שמסתו לא ידועה ורדיוסו לא ידוע. משלחים לווין שיחקור את הכוכב. רוצים שהלווין יחוג בגובה $1,000_{km}$ מעל פני הכוכב. עושים זאת בשני שלבים :

בשלב הראשון מביאים את הלווין לגובה הרצוי עם מהירות 0, כשהוא בשיווי משקל.

בשלב השני מקנים ללווין את המהירות הנחוצה, כך שיוכל לבצע את ההקפה מסביב לכוכב.



א. האם יש צורך בהפעלת מנועי הלווין בתום השלב הראשון, כדי להחזיק אותו במהירות 0 ?

ב. האם יש צורך בהפעלת מנועי הלווין בתום השלב השני, כדי לשמור על הלווין שיקיף את הכוכב ?

אסטרונאוט שנמצא בלווין עלה על משקל מיד בתום השלב הראשון, כשהלווין היה במנוחה בשיווי משקל. המשקל הראה לו קריאה המהווה 40%, ממשקלו על הקרקע של כדור הארץ. כשהלווין החל לבצע את ההקפות סביב הכוכב, מדד האסטרונאוט 4 שעות לכל הקפה מלאה.

ג. מהו רדיוס הכוכב ?

ד. מהי מסת הכוכב ?

ה. מה יראה המשקל, כשהאסטרונאוט יעמוד עליו במהלך התנועה הסיבובית של הלווין ?

פתרון סופי

מבחן מספר 5

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. $v_0 = 200_{\frac{m}{sec}}$

ב. $v = 169.7_{\frac{m}{sec}}$

ג. $y = 560_m$

ד. $x = 3,840_m$

ה. $y = 1,280_m$

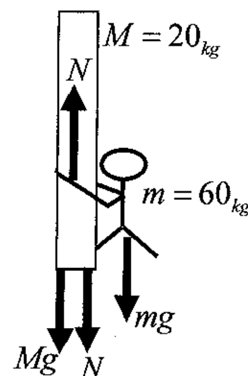
ו. כעבור 4 שניות מתחילת תנועתו.

פתרון שאלה 2

א. 800_N

ב. הילד מפעיל כוח N על המוט, שדוחף את המוט כלפי מטה.

המוט מפעיל את אותו הכוח N על הילד, שמושך את הילד כלפי מעלה.



ג. $N = 600_N$

ד. $a = 40_{\frac{m}{sec^2}}$

ה. $t = 0.4_{sec}$

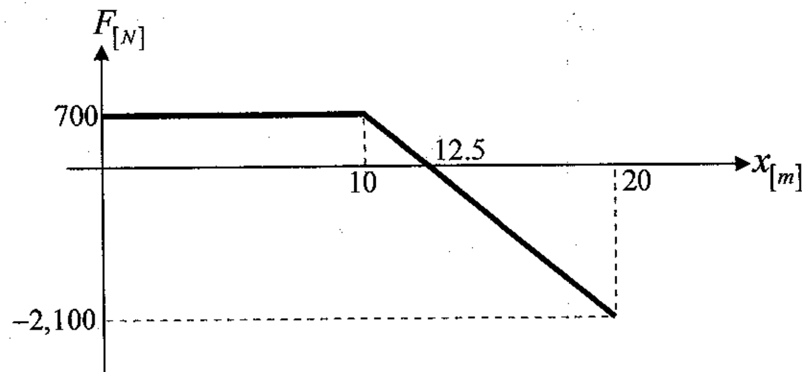
פתרון שאלה 3

א. $h = 20_m$

ב. $k = 280_{\frac{N}{m}}$

ג. $A(0,10)$ $B(10,0)$ $C(12.5,0)$

ד.



ה. $S = 7,875_J$

השטחים יצאו זהים. המשמעות היא, שהעבודה שהשקיע הכוח השקול, שגרמה לאדם לרכוש אנרגיה קינטית, שווה לעבודת הבלימה שהשקיע הכוח השקול, שלקחה מהאדם בחזרה את אותה אנרגיה קינטית שרכש. ואכן, האדם החל את קפיצתו ממנוחה, רכש אנרגיה קינטית, ובתחתית המסלול איבד את כולה, ושוב נעצר.

ו. $v = 15_{\frac{m}{\sec}}$

פתרון שאלה 4

א. לא פעל כוח על הכדור.

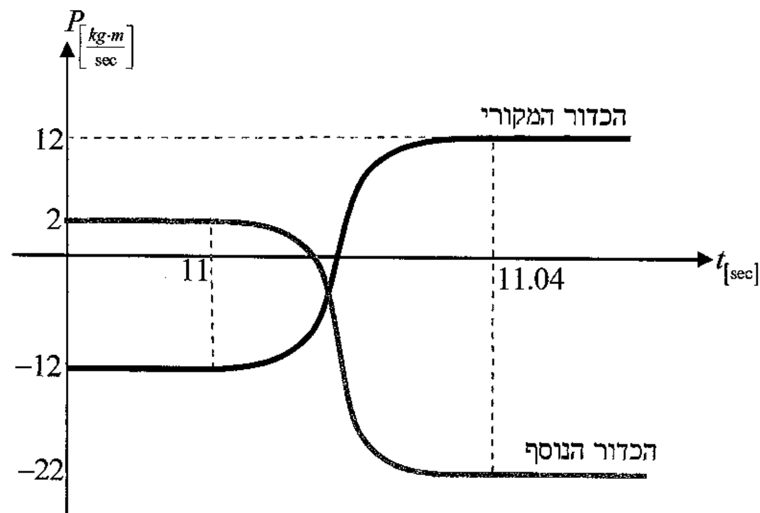
ב. הכוח שפעל על הכדור היה $F = 9_N$ בכיוון השלילי, כלומר שמאלה.

ג. ברגע $t = 11_{\sec}$ פעל כוח על הכדור לזמן מאוד קצר (חלקיקי השנייה). מכיוון שהרזולוציה בגרף היא בסדרי גודל של שניות, לא ניתן להבחין בשינוי, וזה נראה כמו עלייה חדה.

ד. יש הגיון בחשיבה של התלמיד, כי אם ההתנגשות בקיר היא אלסטית, לא תאבד אנרגיה, והכדור יהיה לאחר ההתנגשות עם אותה המהירות בכיוון הנגדי. התנע של הכדור לאחר ההתנגשות הוא באותו הגודל כמו זה שהיה לפני ההתנגשות אך בסימן הפוך. מכאן שמהירות הכדור לאחר ההתנגשות היא באותו הגודל כמו זו שהייתה לפני ההתנגשות (כי המסה לא השתנתה), אך כיוונה הפוך.

ה. התלמיד שגה, מפני שהוא הסתכל רק על הכדור המקורי ולא על המערכת המורכבת משני הכדורים. האנרגיה הקינטית של הכדור המקורי אכן נשמרת, אך אין התלמיד יכול לדעת אם האנרגיה הכוללת את שני הכדורים נשמרת, ולכן אין לו דרך לקבוע אם ההתנגשות היא אלסטית.

ו.



ההתנגשות לא יכולה להיות אלסטית, מכיוון שהאנרגיה של הכדור המקורי לפני ההתנגשות זהה לאנרגיה שלו אחריה, אולם האנרגיה הקינטית של הכדור הנוסף לפני ההתנגשות שונה מהאנרגיה שלו אחריה. כלומר, האנרגיה הכוללת של שני הכדורים לא נשמרת, ולכן ההתנגשות אינה אלסטית.

ז. התנע של הכדור הנוסף לפני ההתנגשות יהיה $12_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$, והתנע שלו אחריה יהיה $-12_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$.

הכדורים לא חייבים להיות בעלי אותה המסה. הם חייבים להיות בעלי אותו גודל של תנע.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. התלמיד מדד 12 מחזורים כדי להקטין את השגיאה היחסית של המדידה.
השגיאה היחסית מוגדרת כיחס בין שגיאת מכשיר המדידה לבין הערך הנמדד. שגיאת מכשיר המדידה היא קבועה. (למשל שעון סטופר רגיל מודד בדיוק של $\pm 0.5_{sec}$). לכן, ככל שמודדים ערך גדול יותר, השגיאה היחסית קטנה יותר.

ב. $L = 2.5_m$

ג. הנוסחה $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, נכונה כל עוד זוויות ההסטה קטנות, ואז התנועה המחזורית מתאימה לחוקי התנועה ההרמונית.

ד. על הירח תאוצת הנפילה החופשית קטנה מזו של כדור הארץ. מהנוסחה $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ רואים, כי ככל ש- g קטן יותר, כך זמן המחזור גדול יותר. לכן הזמן שהיה נמדד על הירח היה יותר גדול מזה שנמדד ע"י התלמיד.

ה. נתבונן על המטוטלת. המשקולת עושה מרחק קשתי עד לתחתית מסלולה, שאורכו 24 ס"מ. מרחק זה מאוד קטן ביחס לאורך החוט $(L = 250_{cm})$. זווית ההסטה : $\alpha \approx 5.51^\circ$

ו. $v_{max} = 0.48 \frac{m}{sec}$

ז. $a_{max} = 0.96 \frac{m}{sec^2}$

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. יש צורך בהפעלת המנועים בתום השלב הראשון. הלווין בשיווי משקל, ולכן חייב להיות כוח של המנועים, שיאזן את כוח המשיכה.

ב. אין צורך בהפעלת המנועים בתום השלב השני. הלווין מבצע תנועה מעגלית. כוח המשיכה דואג לשנות רק את כיוון המהירות, ולשמור שהלווין יישאר במסלולו.

ג. $R = 20 \cdot 10^6{}_m$

ד. $M = 2.65 \cdot 10^{25}{}_{kg}$

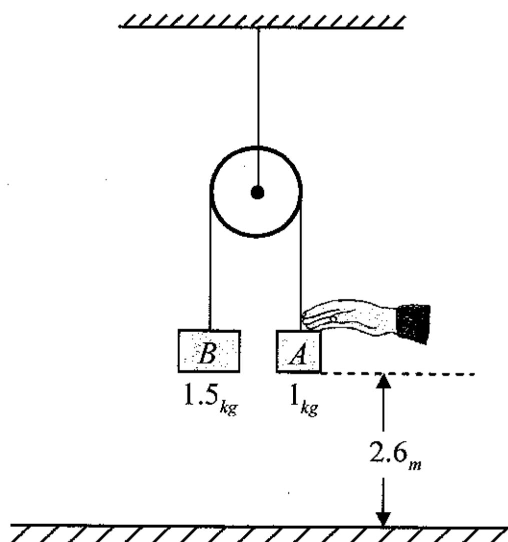
ה. האסטרונאוט לא לוחץ על הריצפה ולכן הריצפה לא לוחצת עליו. הוא ירחף בלווין במשקל 0.

מבחן מספר 6

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

שני גופים A ו- B, שמסתם $m_A = 1_{kg}$ ו- $m_B = 1.5_{kg}$ בהתאמה, קשורים זה לזה באמצעות חוט הכרוך סביב גלגלת. ניתן להזניח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך.



החל מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 3_{sec}$ תלמיד מחזיק בגוף A, כך ששני הגופים נמצאים במנוחה בגובה 2.6 מטר מעל הרצפה (ראה תרשים).

א. חשב את מתיחות החוט המחבר בין הגופים, במצב שבו הם נמצאים במנוחה.

מרגע $t = 3_{sec}$ עד רגע $t = 5_{sec}$ התלמיד מפעיל על גוף A כוח שגודלו $F = 7_N$ וכיוונו כלפי מטה.

ב. חשב את תאוצת הגופים מרגע $t = 3_{sec}$ עד רגע $t = 5_{sec}$. בתשובתך ציין גודל וכיוון.

ג. חשב את מתיחות החוט מרגע $t = 3_{sec}$ עד רגע $t = 5_{sec}$.

ברגע $t = 5_{sec}$ התלמיד מרפה מגוף A.

ד. חשב את תאוצת הגופים לאחר הרגע $t = 5_{sec}$. בתשובתך ציין גודל וכיוון.

ה. חשב את המרחק המינימלי בין גוף A לרצפה.

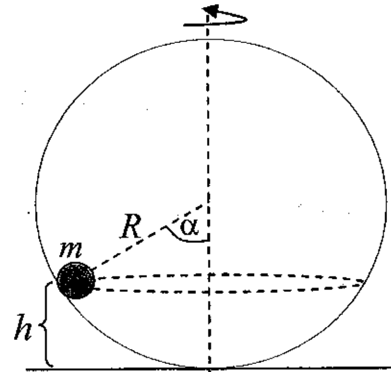
ו.(רשות) באיזה רגע יפגע גוף B ברצפה?

שאלה 2

גוף שמסתו m נמצא בתוך חישוק שרדיוסו R. מעמידים את החישוק בניצב לקרקע. קיימים שני מקרים :

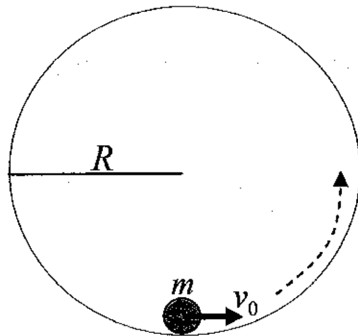
מקרה ראשון : מעניקים לגוף בתחתית החישוק מהירות v_0 כך שהוא מבצע תנועה סיבובית על היקף החישוק מבפנים.

מקרה שני : מסובבים את החישוק סביב צירו במהירות זוויתית ω, כך שהגוף נצמד לדופן החישוק, ומסתובב יחד עם החישוק בגובה h, ויוצר זווית $\alpha = 36.87°$ כמתואר בתרשים.



מקרה שני

מסובבים את החישוק סביב צירו במהירות זוויתית ω, והכדור נצמד לדופן החישוק כך שנוצרת זווית $\alpha = 36.87°$ כמתואר בתרשים.



מקרה ראשון

מעניקים לכדור בתחתית החישוק מהירות v_0, והוא מבצע תנועה מעגלית על היקף החישוק.

א. מהו הכוח בו לוחץ הגוף על החישוק במקרה השני ? (בטא באמצעות mg)

ב. בטא את המהירות הקווית של הגוף במקרה השני, באמצעות g, R .

ג. בטא את הגובה h בו נמצא הגוף שבמקרה השני, באמצעות R .

ידוע שכאשר הגוף שבמקרה הראשון, מגיע לאותו גובה h שחישבת בסעיף הקודם, הוא לוחץ על החישוק בכוח השווה ל $4.8mg$

ד. מצא את המהירות v_0 שהייתה לגוף שבמקרה הראשון בתחתית החישוק. בטא את תשובתך באמצעות g, R .

ה.(רשות) האם יצליח הגוף שבמקרה הראשון להשלים סיבוב שלם עם המהירות v_0 שניתנה לו בתחתית החישוק ? נמק !

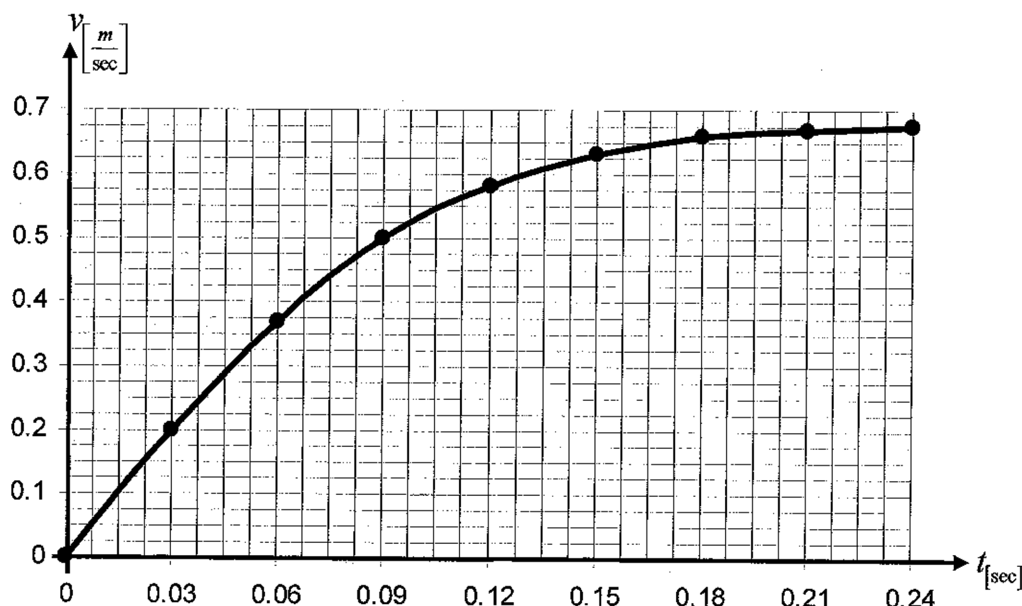
שאלה 3

גוף החל לנוע ממנוחה, ונע בקו ישר בכל מהלך תנועתו. תלמיד רשם את מקומו של הגוף במרווחי זמן של 0.03 שניות. את הרגע שבו החל הגוף לנוע הוא הגדיר כ- $t = 0$. ציר המקום נבחר כך שראשיתו בנקודה שבה נמצא הגוף ברגע $t = 0$, וכיוונו החיובי בכיוון תנועת הגוף. תוצאות של חלק מן המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

זמן t (sec)	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18
מקום x (m)	0.0055	0.0120	0.0277	0.0420	0.0625	0.0798

א. חשב על-פי הטבלה, בקירוב הטוב ביותר, את מהירות הגוף ברגע $t = 0.09_{sec}$.

התלמיד חישב את מהירות הגוף ברגעים שונים, וסרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן.



ב. הערך על-פי הגרף, את המרחק שעבר הגוף מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 0.03_{sec}$.

ג. חשב במידת הדיוק האפשרי, את התאוצה הממוצעת של הגוף, מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 0.03_{sec}$.

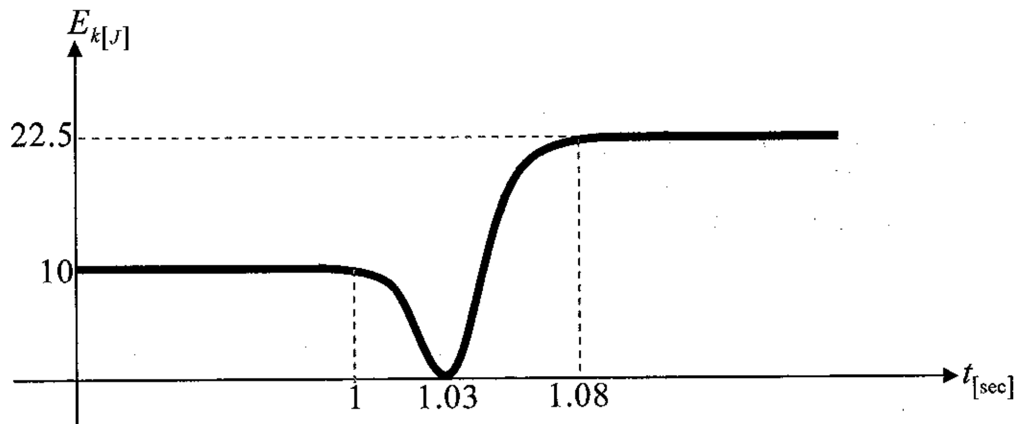
ד. קבע על-פי הגרף, אם תאוצת הגוף גדלה כפונקציה של הזמן, קטנה או אינה משתנה. <u>נמק</u>.

ה. האם גודלו של הכוח השקול הפועל על הגוף הולך וגדל, הולך וקטן או אינו משתנה ? <u>נמק</u>.

ו. מהו כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף - בכיוון תנועת הגוף, מנוגד לכיוון תנועת הגוף או מאונך לכיוון תנועת הגוף ? <u>נמק</u>.

שאלה 4

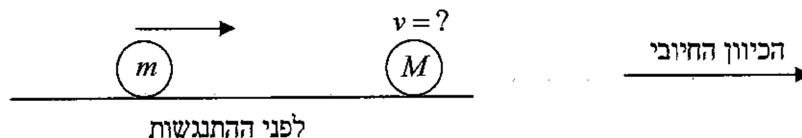
נתון גוף שמסתו $m = 0.2_{kg}$, ונמצא על מישור אופקי חלק. תנועת הגוף היא רק על המישור האופקי. הגרף הבא מתאר את השתנות האנרגיה הקינטית שלו כפונקציה של הזמן.



א. מהו <u>גודל</u> התנע של הגוף ברגע $t = 1_{sec}$? $t = 1.08_{sec}$?

ב. הסבר מדוע לא ניתן לקבוע את כיוון התנע של הגוף עפ"י הגרף הנתון.

נתון שהגוף m נע ימינה, וברגע $t = 1_{sec}$ הוא מתנגש עם גוף אחר בעל מסה M , שנע במהירות כלשהי v . ההתנגשות בין הגופים היא אלסטית. הכיוון ימינה נקבע ככיוון החיובי.



ג. הסבר מדוע התנע של הגוף שמסתו m <u>חייב</u> לשנות כיוון לאחר ההתנגשות.

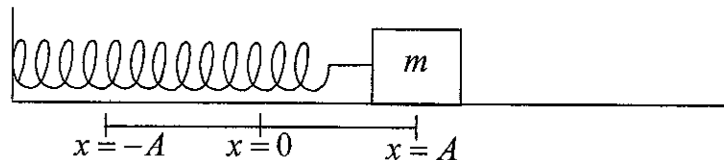
ד. ידוע שהמסה M נעצרה בתום ההתנגשות. מהי האנרגיה הקינטית של המסה M , לפני ההתנגשות ?

ה. מצא את גודל המסה M , ואת מהירותה (גודל וכיוון) ברגעים $t = 1_{sec}$, $t = 1.03_{sec}$.

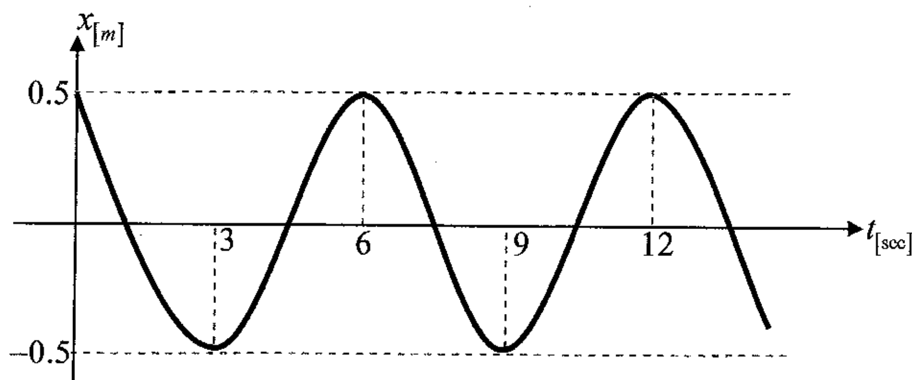
ו. חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של שתי המסות ברגע $t = 1.03_{sec}$. הסבר כיצד ייתכן שהיא אינה שווה לאנרגיה הקינטית הכוללת של 2 המסות לפני ההתנגשות או אחריה ? האין זו סתירה לעובדה שההתנגשות היא אלסטית ?

שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו m, מחובר לקפיץ ונמצא על מישור אופקי חלק. המיקום $x=0$ מתאים לנקודה שבה הגוף נמצא כשהקפיץ רפוי. הגוף מבצע תנודות הרמוניות, ומשרעת התנודה היא A.



הגרף הבא מתאר את מיקום הגוף כפונקציה של הזמן:



א. מהי משרעת התנודות של הגוף, ומהו זמן המחזור של כל תנודה?

ב. בטא באמצעות m,π את האנרגיה הכוללת שיש לגוף במהלך תנודותיו.

ג. רשום ביטוי למיקום הגוף כפונקציה של הזמן, ולמהירות הגוף כפונקציה של הזמן.

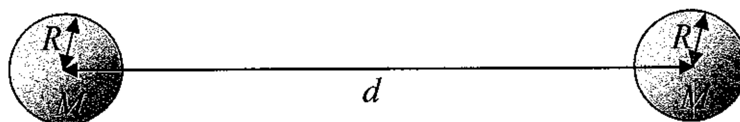
ד.(רשות) הוכח שהגוף יגיע בפעם <u>השנייה</u> למיקום $x=0.25_m$ ברגע $t=5_{sec}$.

ה. מצא את מהירות הגוף (גודל וכיוון), כשהוא מגיע בפעם <u>השנייה</u> למיקום $x=0.25_m$ (בטא את התשובה באמצעות π).

ו. הראה שכאשר הגוף נמצא במיקום $x=0.25_m$, סך האנרגיה הקינטית שלו, והאנרגיה האלסטית שאגורה בקפיץ, זהה לאנרגיה הכוללת שחישבת בסעיף ב.

שאלה 6 (כבידה)

נתונים 2 כוכבים, כמתואר בתרשים הבא :



מרכזי הכוכבים נמצאים במרחק d זה מזה. מסת כל כוכב היא M, ורדיוס כל כוכב הוא R.

א. מהי התאוצה שמרגיש כל כוכב ?

מרכזי הכוכבים נשארים במרחק d זה מזה <u>כל העת</u>, והכוח היחידי שפועל על הכוכבים, הוא הכוח הגרביטציוני שהם מפעילים זה על זה.

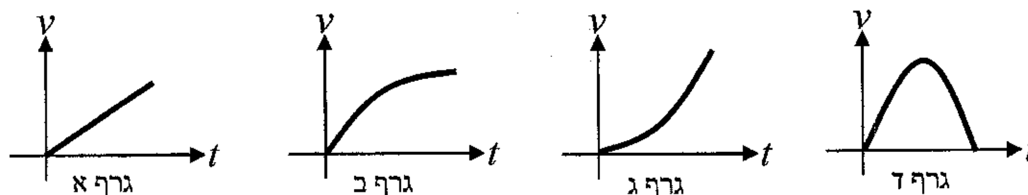
ב. הסבר במילים כיצד ייתכן שהכוכבים לא נמצאים על מסלול המוביל אותם להתנגשות.

ג. מה חייבת להיות המהירות (גודל וכיוון) של כל כוכב ?

לפתע נעצרים בבת אחת 2 הכוכבים. כתוצאה מכך הם מתחילים לנוע ממנוחה זה לקראת זה, במסלול המוביל להתנגשות. מהנדסים חישבו ומצאו, שגודל המהירות של כל כוכב רגע לפני ההתנגשות יהיה $v=\sqrt{\frac{GM}{2.2R}}$.

ד. מצא את המרחק d (בטא את התשובה באמצעות R)

ה. לפניך 4 גרפים שונים של מהירות כפונקציה של הזמן.



איזה גרף מייצג את גודל המהירות של כל כוכב כפונקציה של הזמן, עד רגע לפני ההתנגשות ? נמק!

פתרון סופי

מבחן מספר 6

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. $T = 15_N$

ב. מרגע $t = 3_{sec}$ עד רגע $t = 5_{sec}$, מערכת הגופים נעה בתאוצה של $0.8_{\frac{m}{sec^2}}$.

(גוף A מאיץ כלפי מטה, וגוף B מאיץ כלפי מעלה).

ג. $T = 16.2_N$

ד. לאחר הרגע $t = 5_{sec}$, מערכת הגופים נעה בתאוצה של $2_{\frac{m}{sec^2}}$.

(גוף A מאיץ כלפי מעלה, וגוף B מאיץ כלפי מטה).

ה. $y_{min} = 0.36_m$

ו. גוף B פוגע ברצפה ברגע $t = 8_{sec}$.

פתרון שאלה 2

א. $N = 1.25mg$

ב. $v = \sqrt{0.45gR}$

ג. $h = 0.2R$

ד. $v_0 = \sqrt{4.4gR}$

ה. המהירות $v_0 = \sqrt{4.4gR}$ קטנה מ- $\sqrt{5gR}$, ולכן הגוף לא ישלים סיבוב שלם.

פתרון שאלה 3

א. $v_{t=0.09_{sec}} = 0.5_{\frac{m}{sec}}$

ב. $\Delta x = 3 \cdot 10^{-3}{}_m$

ג. $\bar{a} = 6\frac{2}{3}{}_{\frac{m}{sec^2}}$

ד. תאוצת הגוף קטנה כפונקציה של הזמן.

ה. גודלו של הכוח השקול הולך וקטן.

ו. כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף הוא בכיוון תנועת הגוף.

נימוק : על פי הגרף, מהירות הגוף הולכת וגדלה כפונקציה של הזמן, ומכאן שהכוח השקול פועל בכיוון תנועת הגוף.

פתרון שאלה 4

א. ברגע $t=1_{sec}$: $P=2_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$

ברגע $t=1.08_{sec}$: $P=3_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$

ב. לא ניתן לדעת את כיוון התנע, כי הכיוון נקבע ע"י המהירות, ואי אפשר לדעת את כיוון המהירות מהגרף.

ג. הכוח שפעל על המסה m נובע מהכוח שהפעילה המסה M במהלך ההתנגשות. כוח זה הוא בכיוון השלילי (שמאלה), לכל אורך ההתנגשות.

ידוע שהמסה m נעצרת ברגע $t=1.03_{sec}$, כי האנרגיה הקינטית שלה מתאפסת. מרגע זה ואילך, האנרגיה הקינטית גדלה, ולכן גודל המהירות גם גדל. כיוון המהירות חייב להיות בכיוון הנגדי, כי הכוח המופעל על המסה m הוא שלילי.

ד. האנרגיה הקינטית של המסה M לפני ההתנגשות היא 12.5_J

ה. $M=1_{kg}$

מהירותה ברגע $t=1_{sec}$ (לפני ההתנגשות), היא $5_{\frac{m}{sec}}$ שמאלה.

מהירותה ברגע $t=1.03_{sec}$ היא $3_{\frac{m}{sec}}$ שמאלה.

ו. האנרגיה הקינטית הכוללת ברגע $t=1.03_{sec}$: $E_{k,total}=4.5_J$

האנרגיה הקינטית הכוללת לפני ההתנגשות (או אחריה) : 22.5_J

האנרגיות הקינטיות לא שוות, כי במהלך ההתנגשות חלק מהאנרגיה הופך לאנרגיה אלסטית בין שני הגופים. כשהמסות לוחצות אחת על השנייה, האנרגיה האלסטית גוברת על חשבון האנרגיות הקינטיות של הגופים. בתום ההתנגשות, כשהמסות כבר לא לוחצות זו על זו, האנרגיה האלסטית הופכת חזרה לאנרגיה קינטית.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. משרעת התנודות היא $A=0.5_m$, וזמן המחזור הוא $T=6_{sec}$.

ב. האנרגיה הכוללת היא $E_{total}=\frac{m\pi^2}{72}$

ג. $x=0.5\cos(\frac{\pi}{3}t)$ $\qquad$ $v=-\frac{\pi}{6}\sin(\frac{\pi}{3}t)$

ד. הרגע בו יגיע הגוף לנקודה זו בפעם השנייה יהיה $t = 5_{sec}$.

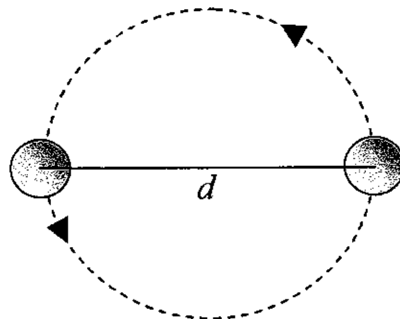
ה. $v = \frac{\sqrt{3}\pi}{12}\ \frac{m}{sec}$

ו. $E_{total} = \frac{m\pi^2}{72}$

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $a = \frac{GM}{d^2}$ כל כוכב מרגיש את התאוצה בכיוון מרכז הכוכב הנגדי.

ב. הכוכבים חייבים לבצע תנועה מעגלית, כך שלכל אחד מהם יש מהירות הניצבת לכוח המשיכה.



הכוח משנה רק את כיוון המהירות ולא את גודלה, ולכן הכוכבים לא מתנגשים זה בזה.

ג. $v = \sqrt{\frac{GM}{2d}}$ כיוון המהירות מאונך לכוח המשיכה בין הכוכבים, ומשיק להיקף המעגל עליו הם נעים.

ד. $d = 22R$

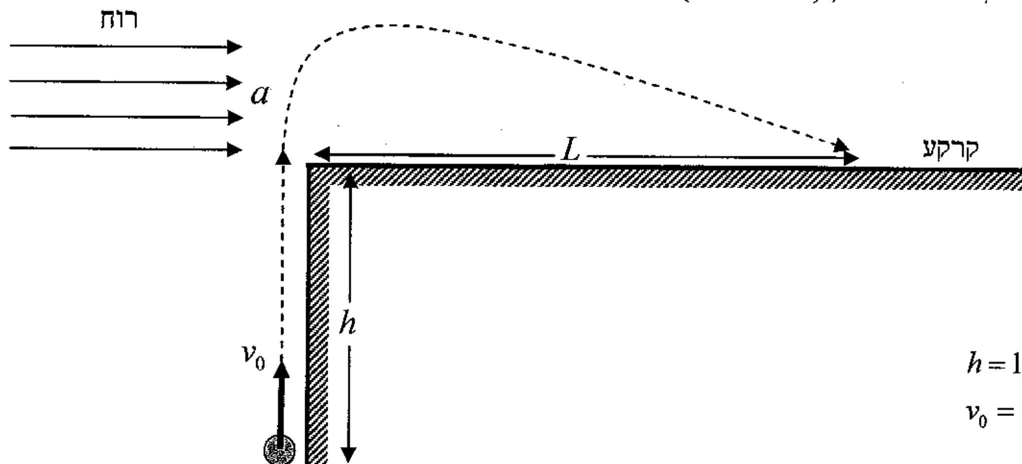
ה. ידוע שהמהירות גדלה מ-0 עד ל- $v = \sqrt{\frac{GM}{2.2R}}$ ברגע המפגש. כמו כן, כוח המשיכה בין הכוכבים גדל, ואיתו גדלה גם התאוצה. שיפוע הגרף של המהירות כפונקציה של הזמן נותן את תאוצת הכוכבים. גרף ג הוא היחיד שבו שיפוע הגרף הולך וגדל עם הזמן, ולכן גרף ג מייצג את גודל המהירות של כל כוכב כפונקציה של הזמן.

מבחן מספר 7

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

כדור נזרק ברגע $t=0$ מעומק h מתחת לקרקע, במהירות v_0 כלפי מעלה. כשהכדור מגיע לגובה הקרקע הוא נכנס לאזור עם משב רוח המקנה לו תאוצה אופקית a. הכדור ממשיך את תנועתו ופוגע בקרקע במרחק אופקי L, מהמקום שממנו נזרק (ראה תרשים).



נתון:

$h=15_m$

$v_0=20\frac{m}{sec}$

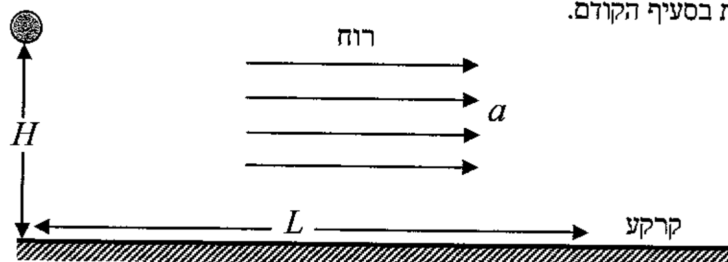
א. הסבר מדוע גודל תאוצת הרוח לא משפיע על זמן השהייה של הכדור באוויר עד פגיעתו בקרקע.

ב. מצא את זמן שהייתו של הכדור באוויר, עד פגיעתו בקרקע.

ג. מהו הגובה המירבי מהקרקע אליו יגיע הכדור ?

ד. ידוע שהכדור פוגע במרחק אופקי $L=10_m$ מנקודת הזריקה. מצא את התאוצה האופקית a שמקנה הרוח לכדור.

במקרה אחר, מפילים את הכדור ממנוחה, מגובה H מעל פני הקרקע. הנח שהרוח מפעילה על הכדור את אותה התאוצה האופקית a שחישבת בסעיף הקודם.

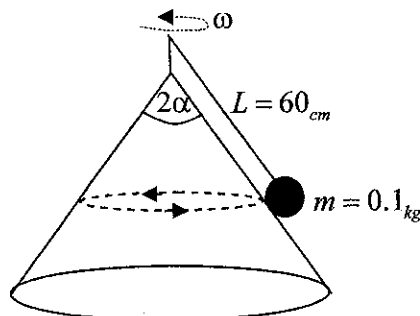


ה. הסבר מדוע הכדור ינוע בקו ישר, ומצא את כיוון תנועתו של הכדור.

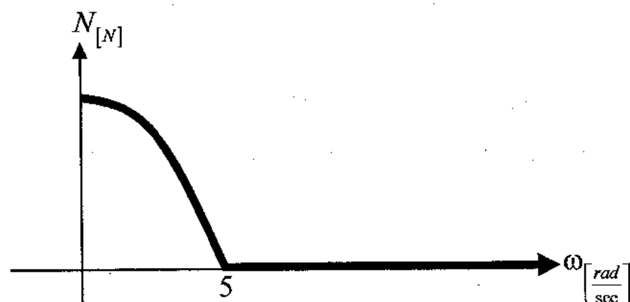
ו.(רשות) היעזר בסעיף ה, ומצא מהו הגובה H ממנו יש להפיל את הכדור, כדי שיבצע את אותו מרחק אופקי $L=10_m$.

שאלה 2

כדור שמסתו $m = 0.1_{kg}$ קשור לחבל שאורכו $L = 60_{cm}$. החבל קשור בצידו האחר לראש של חרוט. החרוט מסתובב סביב צירו במהירות זוויתית מסוימת, והכדור מסתובב ביחד עם החרוט. זווית הראש של החרוט היא 2α.



על החרוט נמצא חיישן שמודד את הכוח בו לוחץ הכדור על החרוט. הגרף הבא מתאר את הכוח בו לוחץ הכדור על החרוט כפונקציה של המהירות הזוויתית בה סובבן את החרוט.



א. הסבר מדוע יש מהירות זוויתית, שממנה והלאה החיישן מורה 0.

ב. מצא את זווית הראש של החרוט.

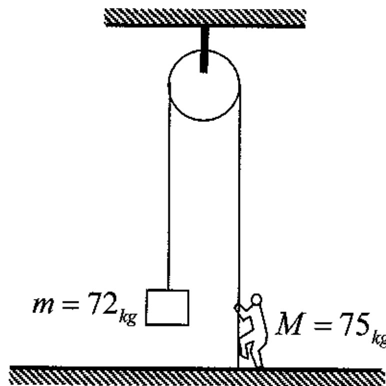
ג. מהו הכוח החזק ביותר בו יכול ללחוץ הכדור על החרוט ?

ד. פתח נוסחה לכוח שהכדור לוחץ על החרוט, כפונקציה של המהירות הזוויתית בה מסתובב החרוט.

ה.(רשות) כיצד היה משתנה הגרף, אילו מסת הכדור הייתה כפולה מהמסה הנוכחית ?

שאלה 3

אדם שמסתו $M = 75_{kg}$, רוצה לטפס על חבל. האדם עומד על הריצפה, ומחזיק בקצהו האחד של החבל. החבל מלופף דרך גלגלת המחוברת לתקרה, ובקצהו השני תלויה משקולת שמסתה $m = 72_{kg}$.



הנח שהמרחק בין המשקולת לגלגלת, ובין האדם לגלגלת הוא מספיק גדול, כך שאף אחד מהם לא נתקע בגלגלת. כמו כן, במצב ההתחלתי האדם והמשקולת נמצאים במנוחה.

א. מהו הכוח המינימלי שצריך להפעיל האדם על החבל, כדי שיוכל לטפס ?

ב. עבור הכוח המינימלי שמצאת בסעיף א, מה תהיה תאוצת המשקולת ?

נתון שהאדם מטפס כלפי מעלה, ותאוצתו $a = 0.08 \frac{m}{sec^2}$

ג. מהי מתיחות החבל ?

ד. מצא את תאוצת המשקולת.

ידוע שהאדם עלה סה"כ לגובה $h = 1_m$ מהריצפה (תאוצתו נשארה $a = 0.08 \frac{m}{sec^2}$).

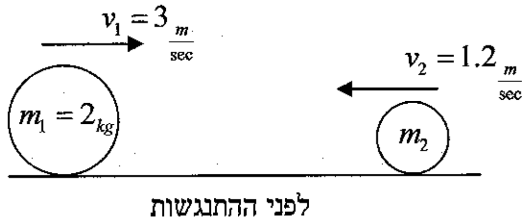
ה. מהו אורך החבל שהוא שילשל תחת ידיו תוך כדי הטיפוס ?

ו.(רשות) הראה שהעבודה שהשקיע האדם במהלך הטיפוס לגובה $h = 1_m$, שווה לאנרגיה המכנית שצברו המשקולת והאדם.

שאלה 4

נתונים 2 כדורים, שמחליקים האחד לכיוון השני על מישור אופקי חלק.

כדור 1 מסתו $m_1 = 2_{kg}$, ומהירותו $v_1 = 3_{\frac{m}{sec}}$ ימינה. כדור 2 מסתו m_2, ומהירותו $v_2 = 1.2_{\frac{m}{sec}}$ שמאלה.



מורחים דבק מגע על אחד הכדורים, וכתוצאה מכך, הכדורים מתנגשים התנגשות פלסטית. כתוצאה מההתנגשות, קטנה אנרגית המערכת, הכוללת את שני הכדורים, ב-75%

א. מצא את מסת הכדור m_2, אם ידוע ש- $m_2 < m_1$.

ב. מצא את המהירות המשותפת של שני הכדורים לאחר ההתנגשות.

במקרה אחר, לוקחים את אותם כדורים עם אותן המהירויות, אך ללא דבק המגע. הכדורים מתנגשים התנגשות אלסטית. ענה בהקשר זה על הסעיפים הבאים :

ג. מה תהיה מהירות כל כדור לאחר ההתנגשות במקרה זה ?

ד. חשב את אנרגית מערכת הכדורים לפני ההתנגשות ואחריה, וקבע האם התוצאות שקיבלת תואמות לציפיות.

ה. במהלך ההתנגשות יש רגע בו לשני הכדורים יש אותה מהירות. מצא מהירות זו, והראה שהיא זהה למהירות שמצאת בסעיף ב.

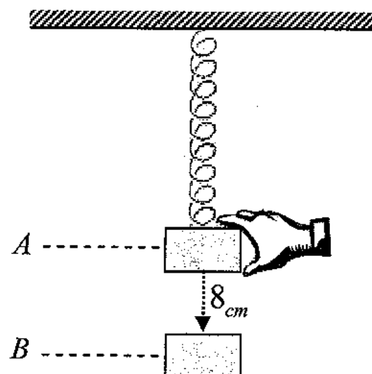
ו. תלמיד טען שקיימת סתירה בתוצאות. להלן הנימוק שלו :
גם במקרה שההתנגשות היא פלסטית, וגם במקרה שהיא אלסטית, יש לכדורים רגע בו מהירותם המשותפת זהה, ושווה לאותו ערך מספרי. אולם במקרה של ההתנגשות הפלסטית אנרגית המערכת יורדת ב-75% ובמקרה של ההתנגשות האלסטית אנרגית המערכת לא משתנה.
נסה ליישב את הסתירה, כיצד ייתכן שיוצאות אותן תשובות מספריות למהירות המשותפת, שהאחת משפיעה על האנרגיה הכוללת של המערכת, והשנייה לא ?

שאלה 5 (הרמונית)

א. הסבר מהי "תנועה הרמונית פשוטה".

ב. האם כל תנועה מחזורית היא תנועה הרמונית פשוטה? אם כן- נמק. אם לא- הבא דוגמה לתנועה מחזורית שאינה הרמונית פשוטה, והסבר מדוע אין היא הרמונית פשוטה.

בתרשים שלפניך, קצה עליון של קפיץ קשור לתקרה, ולקצה התחתון קשורה משקולת שמסתה $m = 0.25_{kg}$. במצב זה הקפיץ ארוך ב- 10_{cm} מאורכו במצב הרפוי, והמשקולת נמצאת בנקודה A. תלמיד משך את המשקולת 8_{cm} כלפי מטה, מהנקודה A לנקודה B, ושחרר את המשקולת ממנוחה.



ג. חשב את זמן מחזור התנודות.

ד. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת בהיותה בנקודה B.

ה. חשב את העבודה שעשה התלמיד במשיכת המשקולת מהנקודה A לנקודה B.

ו. מצא את המהירות המקסימלית שתקבל המשקולת במהלך התנודות, בשני אופנים:

1. תוך התייחסות לתשובתך בסעיף ה.
2. תוך שימוש במשוואות התנועה ההרמונית.

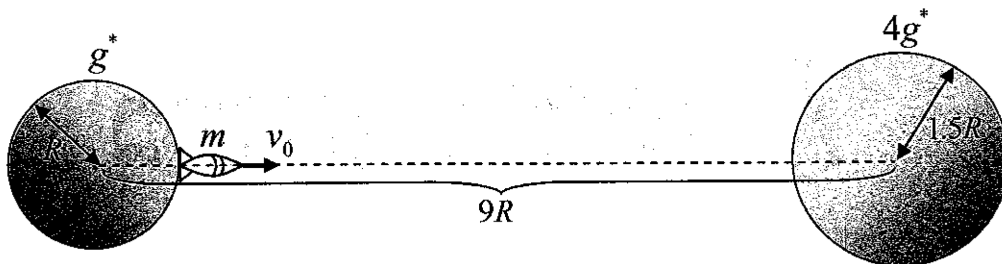
שאלה 6 (כבידה)

בתרשים מתוארים שני כוכבים.

רדיוס הכוכב השמאלי הוא R , ושדה הכבידה שהוא מייצר על פני הקרקע שלו, ללא השפעת הכוכב הימני, הוא g^*

רדיוס הכוכב הימני הוא $1.5R$, ושדה הכבידה שהוא מייצר על פני הקרקע שלו, ללא השפעת הכוכב השמאלי הוא $4g^*$

חללית שמסתה m משוגרת במהירות v_0 מפני הקרקע של הכוכב השמאלי. החללית נמצאת על מסלול ישר לכיוון הכוכב הימני. המרחק בין מרכזי הכוכבים הוא $9R$.



א. פי כמה גדולה מסת הכוכב הימני ממסת הכוכב השמאלי ?

ב. היכן על המסלול המחבר את מרכזי שני הכוכבים, מתאפס הכוח המופעל על החללית ?

ג. מה צריכה להיות מהירות השיגור המינימלית מפני הקרקע של הכוכב השמאלי, כדי שהחללית תגיע לכוכב הימני ? (בטא את התשובה באמצעות g^*, R)

משגרים את החללית במהירות v_0 מפני הקרקע של הכוכב השמאלי. כשהחללית נמצאת בגובה R מעל פני הקרקע של הכוכב השמאלי, מהירותה $\sqrt{\frac{9g^*R}{28}}$

ד. מהי מהירות השיגור של החללית (v_0) ? (בטא את התשובה באמצעות g^*, R)

ה.(רשות) הסבר מדוע החללית תפגע בכוכב הימני, ומצא באיזו מהירות היא תפגע בו.

פתרון סופי

מבחן מספר 7

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. זמן שהיית הכדור באוויר מושפע רק מהציר האנכי. בציר זה פועל רק כוח הכובד שלא משתנה במהלך מעופו של הכדור באוויר. לכן גם זמן השהייה של הכדור באוויר יישאר קבוע.

ב. $t = 3_{sec}$

ג. 5_m

ד. $a = 5 \frac{m}{sec^2}$

ה. הכדור מתחיל את תנועתו ממנוחה, ומרגיש תאוצה בזווית $\alpha = 63.425°$ מתחת הציר האופקי החיובי. הכדור ינוע בקו ישר בכיוון התאוצה !

ו. $H = 20_m$

פתרון שאלה 2

א. ככל שמגדילים את המהירות הזוויתית, הכדור נוטה "לברוח" כלפי חוץ. ממהירות זוויתית מסויימת, הכדור כבר לא לוחץ יותר על החרוט והחבל מתרומם באוויר, ולכן החיישן מורה 0.

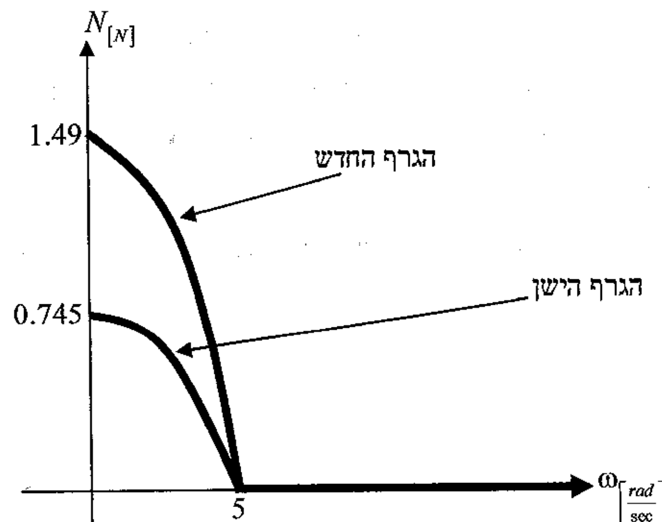
ב. זווית הראש של החרוט היא $2\alpha = 96.38°$

ג. $N = 0.745_N$

ד.

$N = 0.745 - 0.0298\omega^2$	$0 \le \omega < 5_{\frac{rad}{sec}}$
$N = 0$	$\omega \ge 5_{\frac{rad}{sec}}$

ה.



פתרון שאלה 3

א. $T = 750_N$

ב. תאוצת המשקולות תהיה $a = \frac{5}{12}\ \frac{m}{sec^2}$ כלפי מעלה.

ג. $T = 756_N$

ד. תאוצת המשקולות תהיה $a = 0.5\ \frac{m}{sec^2}$ כלפי מעלה.

ה. סך החבל שהשתלשל בידיים של האדם הוא : $L = 7.25_m$

ו. העבודה שהשקיע האדם : $W = 5,481_J$

סך האנרגיה הפוטנציאלית והקינטית שהם רכשו : $E_{total} = 5,481_J$

פתרון שאלה 4

א. $m_2 = 1.5_{kg}$

ב. הכדורים ינועו במהירות $u = 1.2\ \frac{m}{sec}$ ימינה.

ג. כדור 1 ינוע במהירות $0.6\ \frac{m}{sec}$ שמאלה, וכדור 2 ינוע במהירות $3.6\ \frac{m}{sec}$ ימינה.

ד. אנרגית המערכת לפני ההתנגשות שווה לאנרגית המערכת אחריה וערכה 10.08_J. זה תואם לציפיות, כי ההתנגשות היא אלסטית, והאנרגיה נשמרת.

ה. $u = 1.2\ \frac{m}{sec}$. המהירות יצאה זהה למהירות שחושבה בסעיף ב, כשההתנגשות הייתה פלסטית.

ו. כשההתנגשות היא פלסטית, אנרגית המערכת מתבזבזת על חום שנוצר במהלך ההתנגשות, והכדורים נשארים לנוע במהירות המשותפת, עם אנרגיה כוללת נמוכה יותר.

כשההתנגשות היא אלסטית, יש רגע שבו מהירות הכדורים היא משותפת, ואכן האנרגיה הקינטית של שני הכדורים יורדת, אך שארית האנרגיה נאגרת כאנרגיה אלסטית (האנרגיה האלסטית מתבטאת בכך שכל כדור לוחץ על השני). כשהכדורים מתחילים להתנתק אחד מהשני, האנרגיה האלסטית האגורה במערכת מתורגמת חזרה לאנרגיה קינטית. האנרגיה הכוללת נשארת קבועה לכל אורך ההתנגשות.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה מקיים את שלושת התנאים הבאים :

1. תנועת הגוף היא מחזורית בין שני קצוות.
2. שקול הכוחות הפועל על הגוף תמיד מכוון אל נקודת שיווי-המשקל (נש"מ).
3. כוח שקול זה נמצא ביחס ישר להעתק הגוף מנקודת שיווי המשקל של הגוף.

ב. לא.

חשוב לזכור : כל תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה מחזורית, אך לא כל תנועה מחזורית היא תנועה הרמונית פשוטה!

דוגמה נגדית : כדור מקפץ על הרצפה מעלה מטה, ללא איבוד אנרגיה. זוהי אמנם תנועה מחזורית, כי הכדור חוזר כל פעם לאותו הגובה, אך הכוח הפועל עליו לא נמצא ביחס ישר להעתקו.

כשהכדור באוויר פועל עליו כל הזמן כוח קבוע mg.

ג. $T = 0.628_{sec}$

ד. $F_{el} = 4.5_N$

ה. $W = 0.08_J$

ו. 1. $v = 0.8_{\frac{m}{sec}}$

2. $v_{max} = 0.8_{\frac{m}{sec}}$

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $M_2 = 9M_1$

ב. הכוח על החללית מתאפס במרחק $1.25R$ מעל פני הקרקע של הכוכב השמאלי.

ג. $v_0 = \frac{5}{6}\sqrt{g^* R}$

ד. $v_0 = \sqrt{g^* R}$

ה. החללית תפגע בכוכב הימני, כי מהירותה גדולה מהמהירות המינימלית שחישבנו בסעיף ג.

$$v = \sqrt{\frac{541 g^* R}{60}}$$

מבחן מספר 8

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

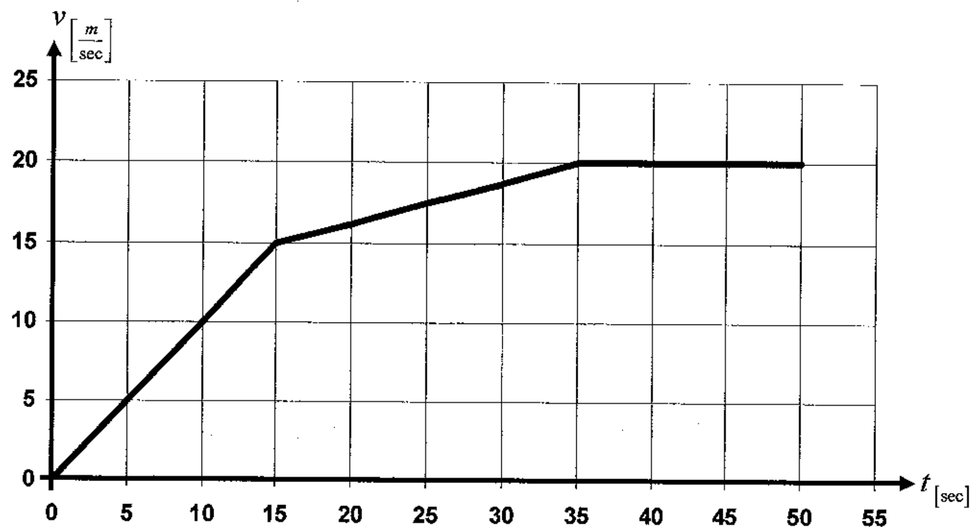
שאלה 1

שני אופנוענים התחרו במרוץ לאורך מסלול ישר, במסגרת תחרות רשמית שנערכה מחוץ לשטח עיר מגוריהם.

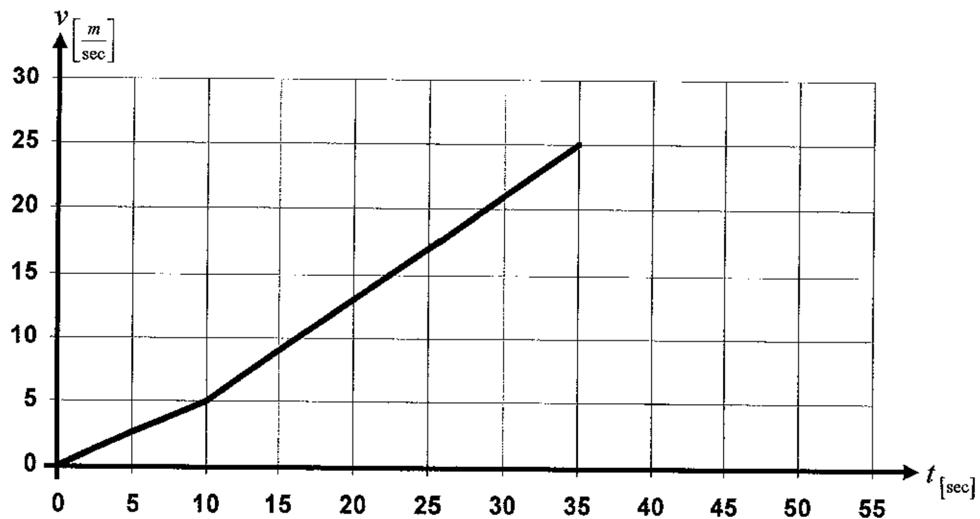
שני האופנועים, א' ו- ב', החלו את תנועתם ממנוחה, באותו מקום, באותו זמן ובאותו כיוון.

אופנוע א' חצה את קו הסיום כעבור 50 שניות.

גרף א מתאר את המהירות של אופנוע א' כפונקציה של הזמן במהלך תנועתו מההתחלה עד קו הסיום, וגרף ב מתאר את המהירות של אופנוע ב' כפונקציה של הזמן במהלך 35 השניות <u>הראשונות</u> לתנועתו.



גרף א (אופנוע א')



גרף ב (אופנוע ב')

א. סרטט גרף שיתאר את תאוצת אופנוע א' כפונקציה של הזמן, מתחילת תנועתו עד שהגיע לקו הסיום.

ב. חשב את המרחק שעבר אופנוע א' מתחילת תנועתו עד שהגיע לקו הסיום.

ג. איזה אופנוע, א' או ב', עבר את המרחק הרב ביותר ב- 35 השניות הראשונות לתנועת האופנועים ? נמק.

אופנוע ב' המשיך לנוע אחרי $t = 35_{sec}$ לכיוון קו הסיום, וחצה את קו הסיום 2.5 שניות לפני אופנוע א'.

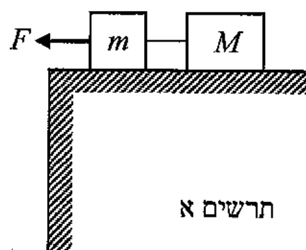
ד. האם לאחר שיצאו האופנועים לדרכם היה רגע במהלך המרוץ שבו שני האופנועים נמצאו באותו מרחק מנקודת המוצא ? נמק.

ה. חשב את תאוצת אופנוע ב' בקטע האחרון של תנועתו (מ- $t = 35_{sec}$ עד שהגיע לקו הסיום), והסבר את המשמעות הפיזיקלית של התאוצה שקיבלת. הנח שתאוצת האופנוע בקטע זה קבועה.

ו.(רשות) אילו אופנוע ב' היה ממשיך לנוע במהירות קבועה בקטע האחרון של תנועתו (מ- $t = 35_{sec}$ עד שהגיע לקו הסיום), האם הוא היה מצליח לזכות במרוץ גם במקרה זה ? נמק.

שאלה 2

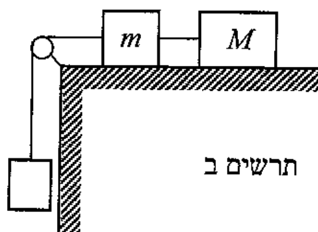
על משטח אופקי מונחים שני גופים שמסותיהם m ו- M, $(m < M)$. הגופים קשורים זה לזה באמצעות חוט שמסתו זניחה. מפעילים על הגוף שמסתו m כוח אופקי שמאלה F (ראה תרשים א), והמערכת נעה בתאוצה. בסעיפים ב-ה בלבד הנח שהחיכוך בין הגופים לבין המשטח זניח.



א. קבע והסבר באופן איכותי (במילים), על מי משני הגופים פועל כוח שקול גדול יותר.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את תאוצת הגופים ואת מתיחות החוט המקשר ביניהם.

ג. קושרים לגוף שמסתו m, באמצעות חוט שמסתו זניחה, גוף שמשקלו שווה לכוח F שבתרשים א. התאוצה במצב זה (תרשים ב) שונה בגודלה מן התאוצה במצב הקודם (תרשים א). האם גודל התאוצה במצב זה קטן מגודל התאוצה במצב הקודם או גדול ממנו ? נמק.



כשהמערכת במצב המתואר בתרשים א ללא חיכוך, מסתבר שהכוח השקול שפעל על המסה m היה 1 ניוטון, והכוח השקול שפעל על המסה M היה 2 ניוטון.

ד. מצא את הכוח F שהפעילו על המערכת שבתרשים א.

ה.(רשות) כשהמערכת במצב המתואר בתרשים ב (ללא חיכוך), מסתבר שהכוח השקול שפעל על המסה M היה 1.5 ניוטון. מצא את גודל המסות M,m.

שאלה 3

דיסקית בעלת מסה m_1 נעה במהירות v ימינה, ומתנגשת התנגשות מצחית בדיסקית אחרת בעלת מסה m_2 הנמצאת במנוחה. שתי הדיסקיות נמצאות על שולחן אופקי חלק.

נתון כי ההתנגשות אלסטית.



א. נתונה מהירות הדיסקית הפוגעת $v = 1.2_{\frac{m}{sec}}$, והמסות $m_1 = 100_{gr}$, $m_2 = 300_{gr}$.

I. חשב את מהירות הדיסקית הפוגעת (m_1) לאחר ההתנגשות, u_1 (גודל וכיוון).

II. חשב את מהירות הדיסקית השנייה (m_2) לאחר ההתנגשות, u_2 (גודל וכיוון).

ב. פתח ביטוי למהירות u_2 עבור המקרה שהדיסקית m_1 פוגעת בדיסקית m_2 שנמצאת במנוחה. בטא את תשובתך באמצעות m_1, m_2, ו-v.

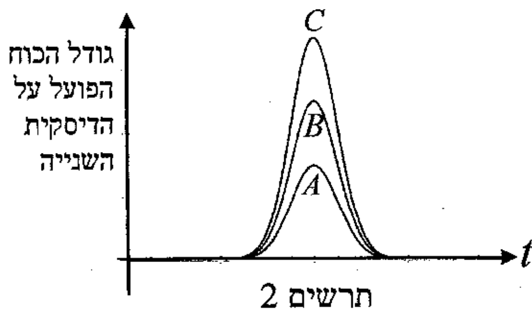
ג. הראה שכאשר $m_1 > m_2$ מהירות הדיסקית m_2 לאחר ההתנגשות, u_2, תהיה גדולה מ-v.

ד. לדיסקית הפוגעת m_1 מחובר חיישן כוח (שמסתו זניחה). גרף הכוח שפועל עליה בזמן ההתנגשות מתואר בתרשים 1.

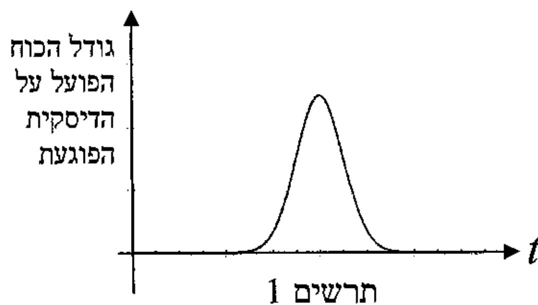
I. קבע איזה מהגרפים A, B או C שבתרשים 2 מתאר נכון את גודלו של הכוח שפועל על הדיסקית m_2 כאשר $m_2 = m_1$. נמק את תשובתך.

II. כיצד היתה משתנה בחירתך עבור $m_1 > m_2$? נמק את תשובתך.

III. חשב את השטח שמתחת לגרף בתרשים 1 עבור הנתונים של סעיף א.



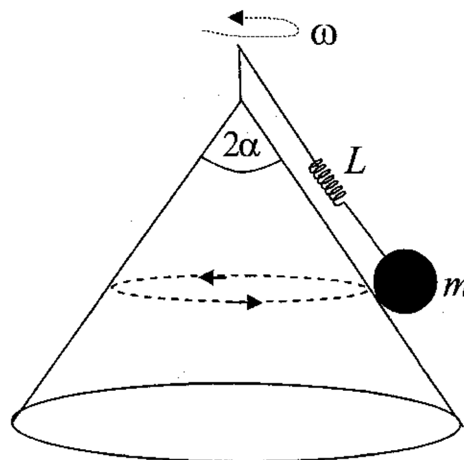
תרשים 2



תרשים 1

שאלה 4

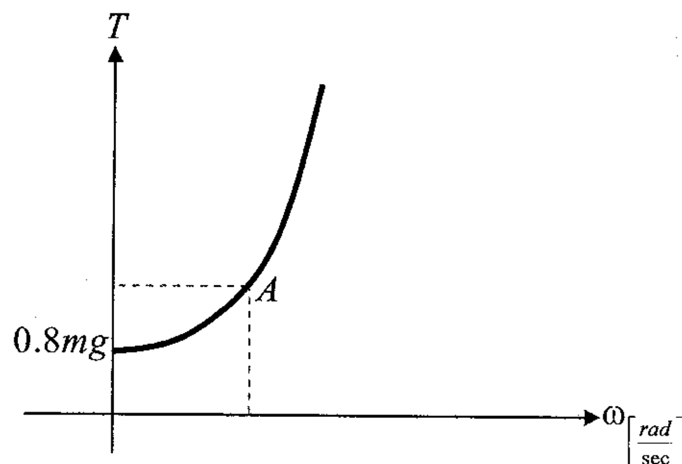
כדור שמסתו m קשור לחבל שאורכו L. החבל קשור בצידו האחר לראש של חרוט. החרוט מסתובב סביב צירו במהירות זוויתית מסוימת, והכדור מסתובב ביחד עם החרוט. זווית הראש של החרוט היא 2α.



על החבל נמצא מד כוח. כשהחבל נמתח, נמתח גם מד הכוח, וכך ניתן למדוד את מתיחות החבל.

(ההתארכות של החבל ברגע שהוא נמתח, קטנה מאוד וזניחה ביחס לאורכו, כך שנניח שאורך החבל נשאר L, גם בזמן שהוא נמתח). מד הכוח מכוייל לתת את מתיחות החבל ביחידות של mg (mg הוא משקל הכדור כשהוא בשיווי משקל).

הגרף הבא מתאר את מתיחות החבל כפונקציה של המהירות הזוויתית בה מסובבים את החרוט:



א. מצא את זווית הראש של החרוט.

ב. כשחקרו את הנקודות על הגרף, גילו שכל הנקודות משמאל לנקודה A, קיימו חוקיות מסויימת כפונקציה של המהירות הזוויתית, ואילו הנקודות מימין לנקודה A, התאימו לחוקיות שונה. הסבר מדוע הנוסחה למתיחות בחבל משתנה.

ג. מצא את המהירות הזוויתית והמתיחות המתאימים לנקודה A.

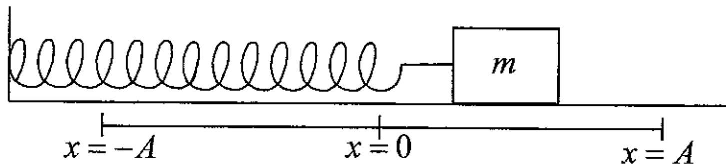
ד.(רשות) פתח נוסחה למתיחות החבל כפונקציה של המהירות הזוויתית בה מסובבים את החרוט.

ה. מה יראה מד הכוח כשהמהירות הזוויתית תהיה $\omega = \sqrt{\frac{4g}{L}}$?

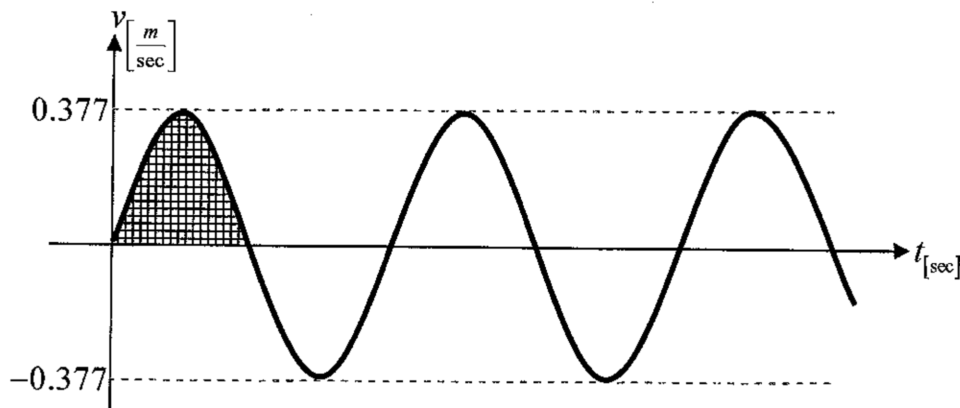
ו.(רשות) מה יראה מד הכוח כשהמהירות הזוויתית תהיה $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$?

שאלה 5 (הרמונית)

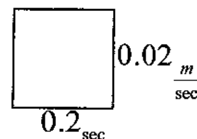
גוף שמסתו m, מחובר לקפיץ אופקי. הקפיץ מחובר בקצהו האחר לקיר. הגוף מבצע תנודות הרמוניות שמשרעתן A, כמתואר בתרשים המצורף (הכיוון החיובי מוגדר ימינה).



הגרף הבא מתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן :



בעזרת תוכנת מחשב, ניתן היה לחלק את השטח המסומן בגרף לריבועים קטנים. מימדי ריבוע אחד הם :



בסך הכל נספרו 120 משבצות.

א. היכן היה הגוף ברגע $t=0$?

ב. מצא את משרעת התנודה.

ג. מצא את זמן המחזור של התנודה.

ד.(רשות) מתי בפעם השנייה מרגע $t=0$, יהיה הגוף 12 ס"מ משמאל לנש"מ ?

ה. מה תהיה תאוצת הגוף (גודל וכיוון), ברגע שחישבת בסעיף הקודם ?

ו. סמן בטבלה הבאה את הכיוונים של מהירות הגוף, תאוצתו והכוח שפועל עליו, במהלך המחזור הראשון של תנועתו. חלק את זמן המחזור לתחומי הזמנים המתאימים, וציין אותם.

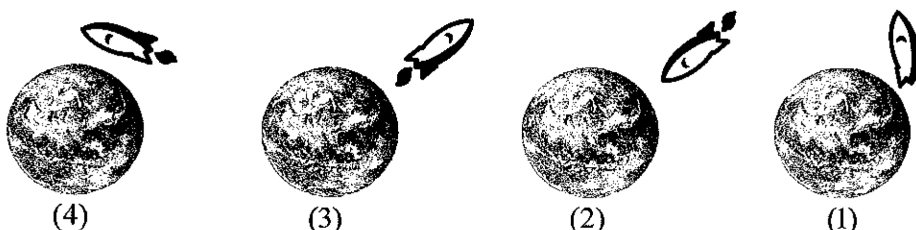
תחום הזמנים	כיוון המהירות	כיוון התאוצה	כיוון הכוח השקול

שאלה 6 (כבידה)

חללית ובה אסטרונאוט מטעם נאס"א, נשלחו אל החלל במטרה לחקור כוכב לכת בעל צורה כדורית.

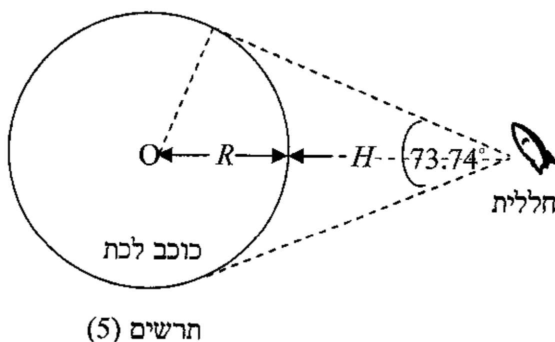
א. במהלך המחקר, ישנו שלב שבו האסטרונאוט בחללית נמצא במנוחה ביחס למרכז כוכב הלכת, שאותו הוא חוקר. איזה מהתרשימים (1)-(4) שלפניך, מתאר את מצב החללית ביחס לכוכב הלכת בשלב זה של הניסוי ? נמק.

(שים לב : בתרשים (1) מנוע החללית אינו פועל, ואילו בתרשימים (2)-(4) מנוע החללית פועל).



האסטרונאוט מצא באמצעות מכשיר רדר, כי החללית נמצאת בגובה $H = 2\cdot10^7{}_m$ מעל פני כוכב הלכת, וכי מהמקום שבו מצויה החללית, רואים את כוכב הלכת בזווית של $73.74°$. O הוא מרכז הכוכב (תרשים (5)).

ב. מצא את הרדיוס R של כוכב הלכת.



תרשים (5)

האסטרונאוט מפעיל את מנוע החללית, ומכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב כוכב הלכת בגובה H מעל פני כוכב הלכת. האסטרונאוט מצא כי זמן המחזור של תנועת החללית סביב כוכב הלכת הוא 520 דקות. הנח כי צפיפות כוכב הלכת אחידה.

ג. חשב את מסת כוכב הלכת.

ד. חשב את גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת.

ה. האם במהלך התנועה המעגלית נדרשת פעולת מנועי החללית כדי לקיים את התנועה המעגלית ?

פתרון סופי

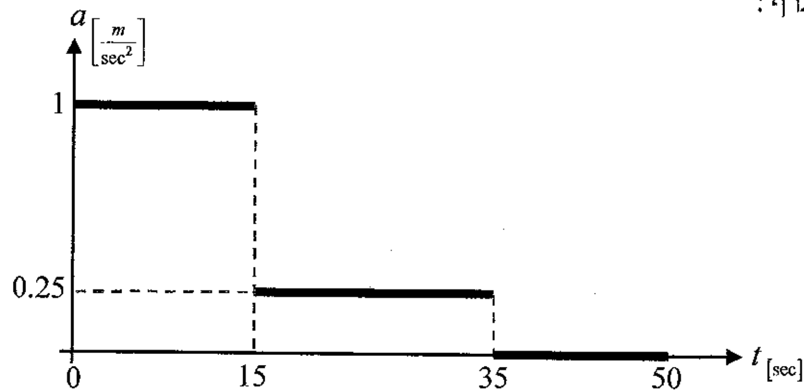
מבחן מספר 8

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. הגרף :



ב. המרחק שעבר אופנוע א' עד קו הסיום הוא 762.5_m

ג. אופנוע א' עבר את המרחק הרב ביותר במהלך 35 השניות הראשונות לתנועת האופנועים.

ד. כן, היה רגע שבו שני האופנועים נמצאו באותו מרחק מנקודת המוצא, מכיוון שעד $t=35_{sec}$ אופנוע א' הוביל, ואילו בסיום התחרות אופנוע ב' סיים את מסלול המרוץ ראשון.

ה. $a=0.64\ _{\frac{m}{sec^2}}$. המשמעות הפיזיקלית של התאוצה היא, שבכל שנייה מהירות אופנוע ב' גדלה ב- $0.64\ _{\frac{m}{sec^2}}$

ו. אופנוע ב', גם במקרה זה, חוצה את קו הסיום ראשון, חצי שנייה לפני אופנוע א'.

פתרון שאלה 2

א. $\sum F_m = ma$ $\qquad$ $\sum F_M = Ma$

הכוח השקול הפועל על המסה M גדול יותר מהכוח השקול הפועל על המסה m .

ב. $a=\frac{F}{M+m}$ $\qquad$ $T=\frac{MF}{M+m}$

ג. $a=\frac{F}{M+m+m^*}$ גודל התאוצה במצב זה קטן מגודל התאוצה במצב הקודם.

ד. $F=3_N$

ה. $M=0.6_{kg}$ $\qquad$ $m=0.3_{kg}$

פתרון שאלה 3

א. I. $u_1 = -0.6 \frac{m}{sec}$ הדיסקה m_1 תנוע שמאלה.

II. $u_2 = 0.6 \frac{m}{sec}$ הדיסקה m_2 תנוע ימינה.

ב. $$u_2 = \frac{2m_1 v}{m_1 + m_2}$$

ג. כאשר $m_1 > m_2$, המכנה קטן מ-$2m_1$, ולכן השבר גדול מ-v. כלומר, $u_2 > v$.

ד. I. לפי החוק השלישי של ניוטון, הכוחות שהפעילו הגופים זה על זה זהים בגודלם ולכן הגרף הנכון הוא גרף B.

II. מאותו נימוק כמו ב-I הגרף המתאים הוא גרף B, כי בחוק השלישי של ניוטון אין תלות במסה.

III. $J = 0.18_{N \cdot sec}$

פתרון שאלה 4

א. זווית הראש של החרוט היא $2\alpha = 73.74^\circ$

ב. ברגע שמסובבים את החרוט במהירות זוויתית מסויימת שנקרא לה המהירות הקריטית, הכדור מתרומם מהחרוט וכבר לא לוחץ עליו. בשלב זה, כוח הנורמל מפסיק לפעול.
כל עוד המהירות הזוויתית תהיה מתחת למהירות הקריטית, המתיחות בחבל תושפע מכוח הנורמל.
ברגע שהמהירות הזוויתית תהיה מעל המהירות הקריטית, לא יהיה נורמל, והנוסחה לחישוב המתיחות בחבל תשתנה.

ג. $\omega = \sqrt{\frac{1.25g}{L}}$ $\qquad T = 1.25mg$

ד. פתרון סופי :

$0 \le \omega < \sqrt{\frac{1.25g}{L}}$	$T = 0.36mL\omega^2 + 0.8mg$
$\omega \ge \sqrt{\frac{1.25g}{L}}$	$T = mL\omega^2$

ה. $T = 4mg$

ו. $T = 1.16mg$

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. ברגע $t=0$ מהירות הגוף היא 0, ומיד אח"כ היא חיובית. כלומר הגוף היה בקצה השלילי (השמאלי) של התנודה, במיקום $x=-A$.

ב. $A=0.24_{m}$

ג. $T=4_{\sec}$

ד. $t=3\frac{1}{3}{}_{\sec}$

ה. תאוצת הגוף תהיה $0.296\ _{\frac{m}{\sec^2}}$ בכיוון ימין.

ו. נחלק את זמן המחזור ל-4 חלקים. הגוף החל את תנועתו בקצה השלילי $x=-A$.
כיוון הכוח תמיד יהיה לכיוון הנש"מ, וכיוון התאוצה זהה לכיוון הכוח.

תחום הזמנים	כיוון המהירות	כיוון התאוצה	כיוון הכוח השקול
$0<t<1_{\sec}$	ימין	ימין	ימין
$1_{\sec}<t<2_{\sec}$	ימין	שמאל	שמאל
$2_{\sec}<t<3_{\sec}$	שמאל	שמאל	שמאל
$3_{\sec}<t<4_{\sec}$	שמאל	ימין	ימין

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. תרשים (3) נכון.
החללית במנוחה, כלומר שקול הכוחות הפועלים עליה הוא 0. על החללית פועל כוח הכבידה בכיוון מרכז כוכב הלכת, ולכן יש להפעיל עליה כוח המנוגד לכיוון זה.

ב. רדיוס כוכב הלכת הוא $R=30\times10^{6}{}_{m}$.

ג. מסת כוכב הלכת היא $M=7.6\times10^{25}{}_{kg}$.

ד. גודל תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב הלכת הוא $g^{*}=5.63\ _{\frac{m}{\sec^2}}$.

ה. כדי שתתקיים תנועה מעגלית, חייב להיות כוח בכיוון מרכז המעגל, שמאונך כל הזמן לכיוון המהירות. כוח הכבידה מקיים תנאי זה. הוא מאונך למהירות ותמיד בכיוון מרכז הכוכב, שהוא גם מרכז המעגל. לכן אין צורך במנועים.

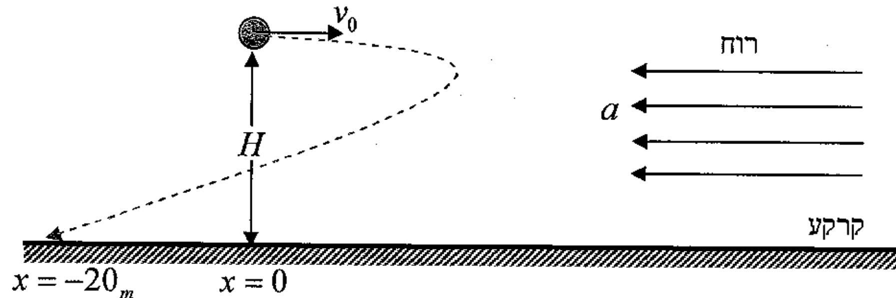
מבחן מספר 9

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

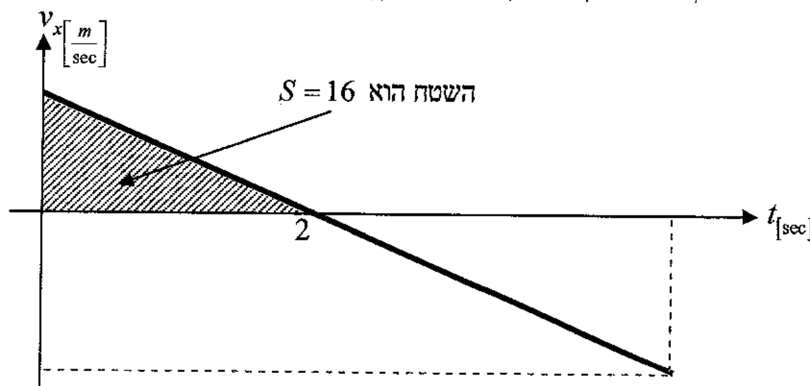
כדור נזרק ברגע $t=0$ במהירות אופקית v_0 ימינה, מגובה H מעל פני הקרקע. באזור יש רוח המקנה לו תאוצה אופקית a שמאלה (ראה תרשים).

המיקום האופקי של הגוף ברגע $t=0$ נקבע להיות $x=0$, והכיוון החיובי בציר האופקי הוא ימינה.



הכדור נוחת על הקרקע בהעתק $x=-20_m$.

הגרף הבא מתאר את המהירות האופקית של הגוף כפונקציה של הזמן, עד רגע פגיעתו בקרקע.



א. מה מייצג השטח המסומן בגרף, ובאילו יחידות הוא נמדד ?

ב. מצא את מהירות הזריקה v_0 של הכדור.

ג. מצא את התאוצה a שמפעילה הרוח על הכדור.

ד. מאיזה גובה H נזרק הכדור ?

ה. מה צריכה להיות מהירות הזריקה האופקית של הכדור, כדי שהוא ינחת על הקרקע בהעתק $x=0$?

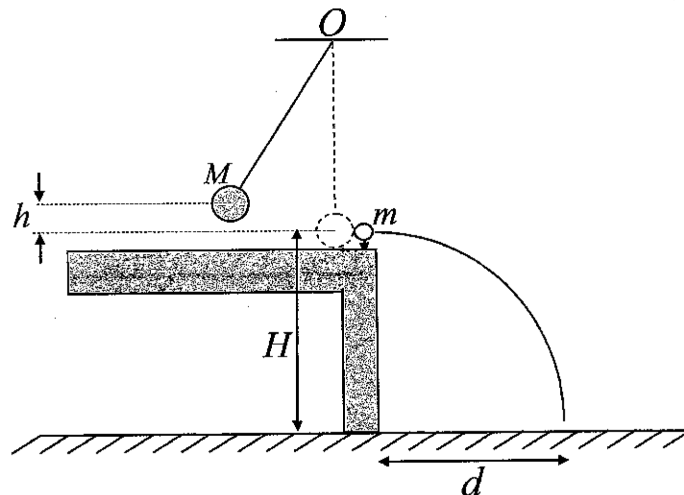
ו.(רשות) במקרה אחר הכדור משוחרר ממנוחה מאותו גובה H מעל פני הקרקע. הנח שהרוח מפעילה על הכדור את אותה התאוצה האופקית a שחישבת בסעיף ג. פתח נוסחה לגובה הכדור מעל פני הקרקע כפונקציה של ההעתק האופקי x שהוא עושה, וסרטט גרף של גובה הכדור מהקרקע כפונקציה של העתקו האופקי. סמן את נקודות החיתוך של הגרף ששרטטת עם הצירים.

שאלה 2

תלמיד ביצע את הניסוי הבא, המתואר בתרשים :

התלמיד הציב כדור קטן שמסתו m על כן, ולידו כדור גדול שמסתו M הקשור בחוט חסר מסה לנקודת עגינה O, כך שהחוט אנכי ומרכזי שני הכדורים נמצאים באותו גובה, H. התלמיד הסיט שמאלה את הכדור הקשור, עד שהפרש הגבהים של מרכזי הכדורים היה h, ושחרר אותו. כתוצאה מכך, התנגש הכדור התנגשות מצח עם הכדור הקטן, שבתורו נזרק אל הרצפה ועבר מרחק אופקי d עד לפגיעתו הראשונה בקרקע. מהירות הכדור הגדול רגע לפני ההתנגשות היתה v, ומהירותו רגע אחרי ההתנגשות היתה $\frac{5}{6}v$, בכיוון התנועה המקורי.

יש להזניח את השפעת החיכוך והתנגדות האוויר בתרגיל.



א. בטא באמצעות h, M ו- m את גודל מהירות הכדור שמסתו m רגע לאחר ההתנגשות.

ב. הוכח את הקשר : $\frac{M}{m}=\frac{3d}{\sqrt{Hh}}$

התלמיד ביצע את הניסוי שש פעמים, ובכל פעם החליף את הכדור הגדול בכדור בעל מסה אחרת ובעל נפח זהה. מסות הכדורים הגדולים נעו בין 100_g ל- 150_g כך שמסת כל כדור גדולה ב- 10_g ממסתו של הכדור הקודם. על כל כדור היתה רשומה מסתו. בכל המדידות דאג התלמיד להסיט את המסה הגדולה לאותו גובה h.

<u>נתון</u>

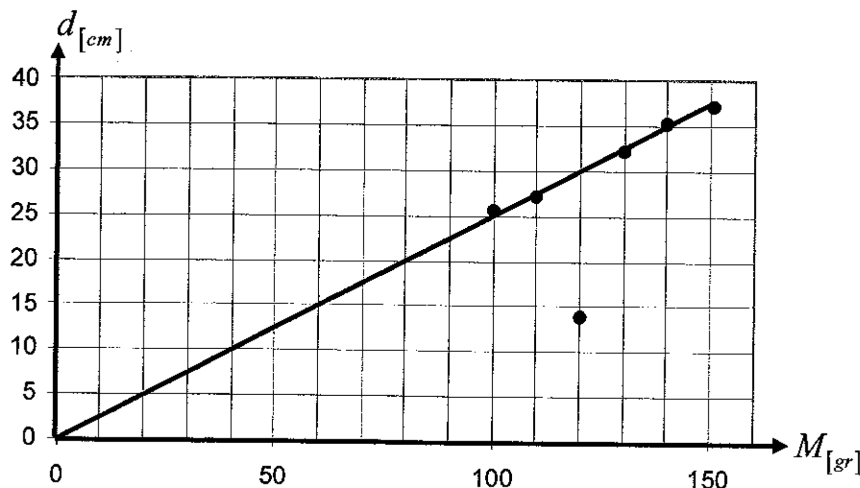
מסת הכדור הקטן : $m = 20_g$.

גובה מרכז הכדור הקטן מעל הרצפה : $H = 75_{cm}$.

הפרש הגבהים ממנו שוחרר הכדור הגדול : $h = 3_{cm}$.

הנח כי היחס בין המהירויות של הכדור הגדול רגע לפני ההתנגשות ורגע אחריה, נשאר כמו בשאלה המקורית.

התלמיד מדד את המרחק d כתלות במסת הכדור הגדול, ושרטט את הגרף הבא :



ג. הסבר מדוע התקבל גרף לינארי.

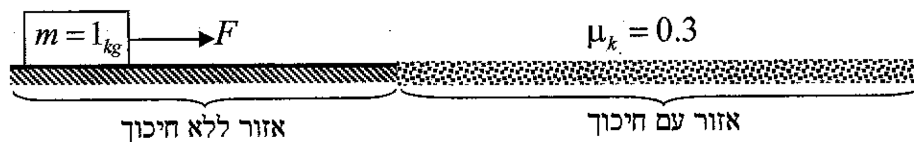
ד. מדוע שמר התלמיד על הפרמטרים H, h, m קבועים לאורך כל המדידות ?

ה. ניתן לראות שאחת המדידות יוצאת דופן. התלמיד, לאחר הצבת כל הנקודות על מערכת הצירים, החליט להתעלם ממדידה זו בשרטוט הגרף.
הסבר מדוע לדעתך התלמיד התעלם מהמדידה, ופרט לפחות שלוש סיבות שהיו יכולות לגרום לסטיה במדידה זו.

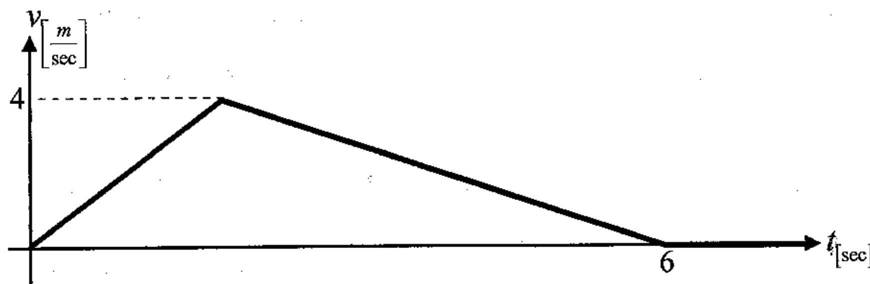
ו. בהסתמך על צורת הגרף ושיפועו, האם תוצאות המדידות מתאימות לקשר שהוכחת בסעיף ב' ? נמק.

שאלה 3

גוף שמסתו $m = 1_{kg}$, נמצא במנוחה על משטח אופקי חלק. ברגע $t = 0$ מפעילים על הגוף כוח אופקי קבוע שגודלו F. לאחר שהגוף עובר מרחק אופקי מסויים, הוא נכנס לאזור שיש בו חיכוך. מקדם החיכוך הקינטי באזור זה הוא $\mu_k = 0.3$. כתוצאה מכך הגוף מאיט ונעצר (הכוח F ממשיך לפעול על הגוף גם באזור עם החיכוך).



הגרף הבא מתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן :



א. מהו המרחק האופקי הכולל שעבר הגוף עד שנעצר ?

ב. היעזר בגרף וקבע, באיזה אזור גודל הכוח השקול שפעל על הגוף היה גדול יותר - באזור עם החיכוך, או באזור ללא החיכוך ? נמק !

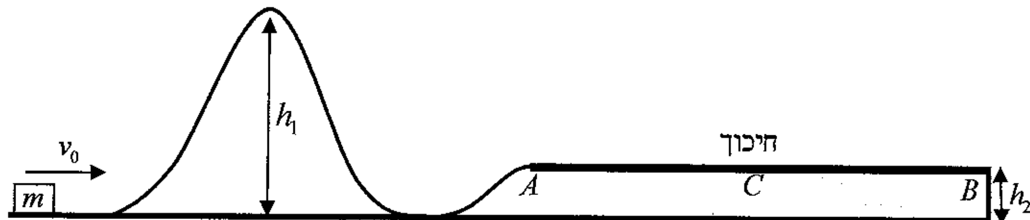
ג. מצא את הכוח F שפעל על הגוף (שים לב שקיימת רק תשובה אחת לבעיה !)

ד. כמה זמן שהה הגוף באזור ללא החיכוך, וכמה זמן הוא שהה באזור עם החיכוך, עד רגע עצירתו ?

ה.(רשות) העתק את הגרף הנתון בשאלה, והוסף לו, באותה מערכת הצירים, גרף איכותי של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, אילו הכוח הפועל על הגוף היה $F = 3_N$. אינך נדרש לציין ערכים מספריים עבור הגרף החדש.

שאלה 4

מסה $m = 0.5_{kg}$ נעה על פני הקרקע במהירות v_0. בדרכה ניצבת גבעה בגובה h_1, ואחריה קיים מישור אופקי מוגבה בגובה h_2. מסלול התנועה מתואר בתרשים המצורף.



הנקודה A מסמנת את תחילת המסלול האופקי המוגבה.

הנקודה B מסמנת את סוף המסלול האופקי המוגבה.

הנקודה C מסמנת את אמצע המסלול האופקי המוגבה.

בין הנקודה A לנקודה B קיים חיכוך, שמאט את המסה. מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu = 0.7$. שאר המסלול חלק וללא חיכוך, והמסה נשארת צמודה למסלול.

המהירות המינימלית שיש להעניק למסה בתחילת המסלול, על מנת שתגיע לנקודה A, היא $v_0 = 6\frac{m}{sec}$.

א. מצא את גובה הגבעה (h_1).

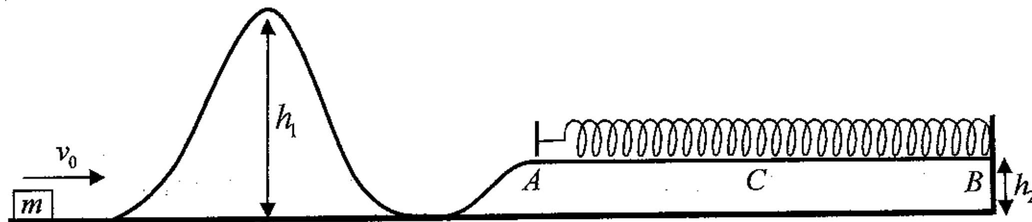
כאשר מעניקים למסה מהירות $v_0 = 6\frac{m}{sec}$, היא מגיעה לנקודה C ונעצרת שם, וכאשר מעניקים לה מהירות $v_0 = 8\frac{m}{sec}$, היא מצליחה להגיע בדיוק לקצה המסלול, ונעצרת בנקודה B.

ב. מצא את המרחק בין הנקודה A לנקודה B.

ג. מצא את גובה המישור האופקי המוגבה (h_2).

ד. הסבר מדוע לא קיימת אף מהירות v_0, שתגרום למסה להיעצר באזור שבין הנקודה A לנקודה C.

החליטו לצבוע את המשטח האופקי המוגבה בחומר מחליק, כך שאין שם חיכוך יותר, והציבו קפיץ אופקי המחובר לקצה המסלול. (ראה תרשים)



קצהו החופשי של הקפיץ במצבו הרפוי מגיע בדיוק לנקודה A .

מעניקים למסה שוב מהירות $v_0 = 6\ \frac{m}{sec}$.

ה. מה צריך להיות קבוע הקפיץ k , כדי שהמסה תעצור בדיוק בנקודה C , כפי שקרה כשהיה חיכוך ?

ו.(רשות) בחר את הכיוון ימינה ככיוון החיובי, וצייר באותה מערכת צירים את הגרפים הבאים :

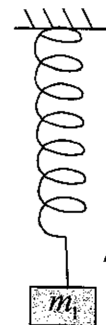
- גרף המתאר את הכוח שמפעיל הקפיץ על המסה בין הנקודה A לנקודה C , כפונקציה של ההעתק לאורכו הוא פעל.
- גרף המתאים למקרה הקודם, המתאר את כוח החיכוך שפעל על המסה בין הנקודה A לנקודה C , כפונקציה של ההעתק לאורכו הוא פעל.

ז.(רשות) מצא את השטח בין כל גרף לציר האופקי, והסבר את משמעות התוצאה שקיבלת.

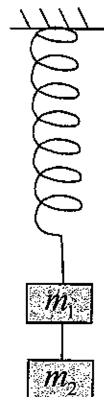
שאלה 5 (הרמונית)

שני גופים תלויים במנוחה על קפיץ בעל קבוע $k = 100_{\frac{N}{m}}$. מסת הגוף העליון היא $m_1 = 1_{kg}$, ומסת הגוף התחתון היא $m_2 = 4_{kg}$. ברגע מסויים ניתק הגוף התחתון, וכתוצאה מכך מבצע הגוף העליון תנועה הרמונית.

המצב כאשר המסה התחתונה מתנתקת



המצב כאשר 2 המסות תלויות



א. ערוך תרשים כוחות כאשר 2 הגופים תלויים במנוחה, ומצא בכמה התארך הקפיץ ממצבו הרפוי.

ב. מהי משרעת התנודה של המסה m_1 , לאחר שהמסה m_2 התנתקה ממנה ?

ג. האם במהלך התנודות, הקפיץ יתכווץ או כל הזמן יישאר מתוח ?

ד. קבע את מישור הייחוס עבור האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בנקודה התחתונה ביותר של התנודות, ומצא את סך האנרגיה הכוללת שיש לגוף ולקפיץ שם.

ה. מצא את גודל המהירות המקסימלית של הגוף בשתי דרכים :

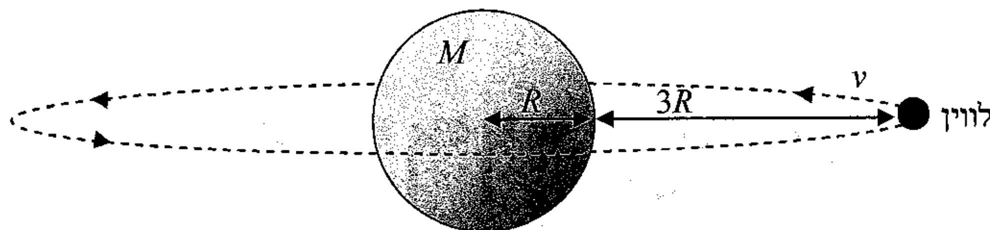
1. בעזרת הנוסחה של מהירות הגוף כפונקציה של ההעתק $v = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

2. בעזרת חוק שימור האנרגיה.

ו.(רשות) ערוך תרשים כוחות על הגוף כשהוא בנקודה העליונה ביותר של התנודות, ומצא את תאוצתו שם תוך שימוש בחוק השני של ניוטון. הראה שהתאוצה שם שווה לתאוצה המתקבלת מהנוסחה $a = \pm\omega^2 x$

שאלה 6 (כבידה)

נתון כוכב שמסתו M ורדיוסו R. לווין חג בגובה $3R$ מעל פני הכוכב, במהירות v.

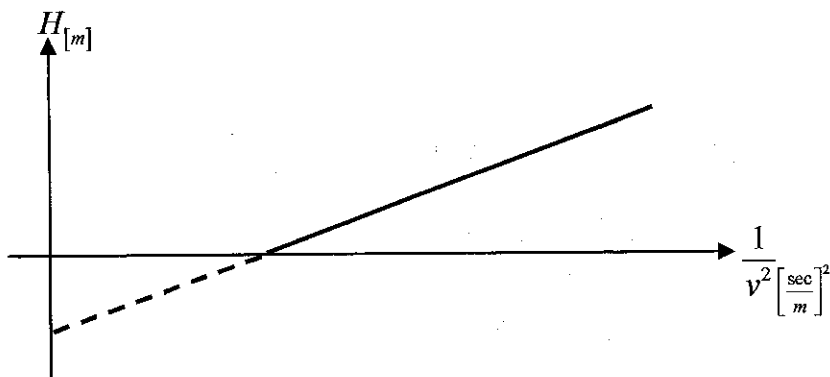


רוצים להקטין את מהירות הלווין פי שתיים.

א. מה יהיה גובה הלווין מעל פני הכוכב ? (בטא את תשובתך באמצעות R בלבד).

ב. פי כמה ישתנה זמן המחזור של הלווין ?

הגרף הבא מתאר את גובה הלווין מעל פני הכוכב, כפונקציה של $\frac{1}{v^2}$.



ג. הסבר מדוע לחלק המקווקו בגרף אין משמעות פיסיקלית, אלא רק משמעות מתמטית ?

ד. מה מייצגת נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי ?

נתון ששיפוע הגרף הוא $4\cdot10^{11}$ יחידות.

ה. מהן היחידות של השיפוע ?

ו. מצא את מסת הכוכב.

פתרון סופי

מבחן מספר 9

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. השטח המסומן מייצג את המרחק האופקי המקסימלי שעבר הגוף. השטח נמדד ביחידות של מטר.

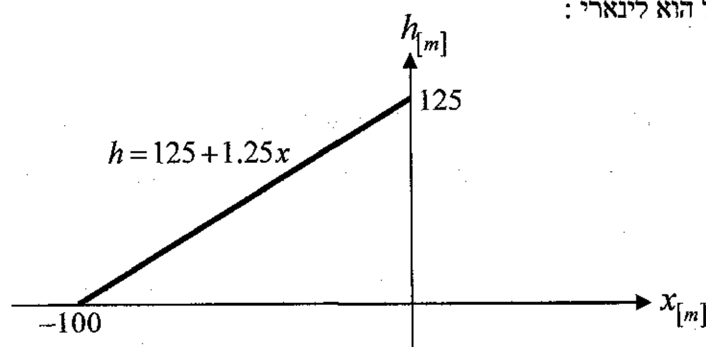
ב. $v_0 = 16 \frac{m}{sec}$

ג. $a = -8 \frac{m}{sec^2}$

ד. $H = 125_m$

ה. $v_0 = 20 \frac{m}{sec}$

ו. גרף המסלול הוא לינארי :



פתרון שאלה 2

א. $u_m = \frac{\sqrt{2gh}}{6} \cdot \frac{M}{m}$

ב. $\frac{M}{m} = \frac{3d}{\sqrt{Hh}}$

ג. הקשר בין d ל- M, הוא $d = \frac{\sqrt{Hh}}{3m} \cdot M$. קשר זה מתאים לנוסחה של קו ישר : $y = ax + b$

שיפוע הגרף : $\frac{\sqrt{Hh}}{3m}$, והוא אמור לעבור בראשית הצירים.

ד. התלמיד בדק כיצד משפיעה המסה M, על המרחק האופקי d. כדי לבדוק קשר בין שני פרמטרים, יש לדאוג ששאר הפרמטרים יהיו קבועים ולא ישפיעו.

ה. הקשר בין המרחק d למסת הכדור M הוא לינארי. כל הנקודות האחרות יושבות על ישר, ואילו המדידה הספציפית הזו התקבלה עם סטייה מאוד משמעותית משאר הנקודות. לכן ברור היה לתלמיד שהייתה תקלה בניסוי, והוא החליט להתעלם מהמדידה הזאת. הסטיה יכולה להגרם ממגוון סיבות, להלן שלוש מהן :

1. מסת הכדור היתה שונה מהמצוין עליו.
2. התלמיד לא מדד נכונה את המרחק d.
3. התלמיד לא הסיט את הכדור הגדול לגובה h כמתואר בניסוי.

ו. תוצאות המדידות תואמות לקשר שפיתחנו.

פתרון שאלה 3

א. $x=12_m$

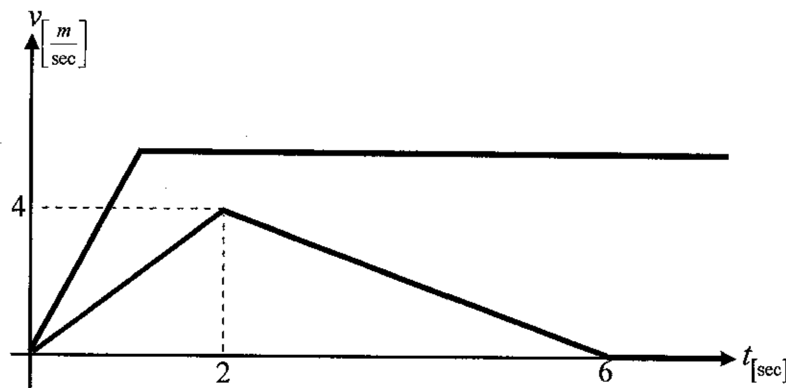
ב. שיפוע הגרף מתאר את תאוצת הגוף. לפי הגרף, הגוף מאיץ בתאוצה גדולה יותר מאשר הוא מאיט.
כלומר גודל התאוצה באזור ללא החיכוך, גדול יותר מגודל התאוטה באזור עם החיכוך.
לפי החוק השני של ניוטון, ככל שגודל התאוצה גדול יותר, כך גדל גם גודל הכוח השקול הפועל על הגוף. לכן, גודל הכוח השקול גדול יותר באזור ללא החיכוך.

ג. הכוח שפעל על הגוף הוא $F=2_N$.

ד. הזמן בו שהה הגוף באזור ללא החיכוך : $t_1=2_{\text{sec}}$

הזמן בו שהה הגוף באזור עם החיכוך : $t_2=4_{\text{sec}}$

ה. אילו הכוח הפועל על הגוף היה $F=3_N$, תאוצת הגוף באזור ללא החיכוך הייתה גדולה יותר.
כלומר הגוף היה מסיים את החלק ללא החיכוך מהר יותר, ועם מהירות גבוהה יותר.
כשהגוף היה מגיע לאזור עם החיכוך, שקול הכוחות הפועלים עליו שם היה 0, כי גודלו של כוח החיכוך גם הוא 3_N, וכיוונו הפוך לכיוון הכוח F. לכן הגוף היה נע במהירות קבועה באזור זה, ולא נעצר.



פתרון שאלה 4

א. $h_1 = 1.8_m$ (נשים לב, שהמסה תגיע לנקודה A עם מהירות כלשהי).

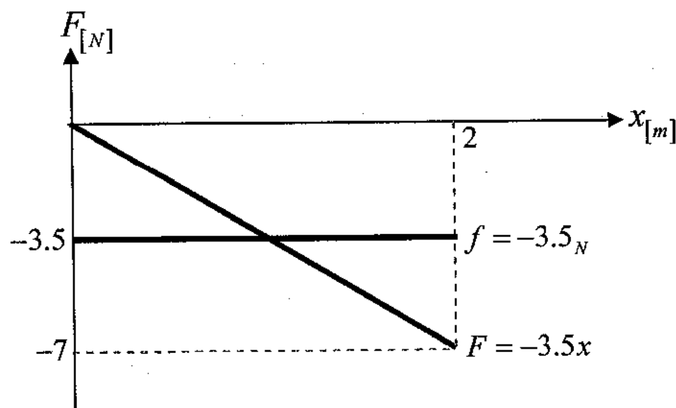
ב. המרחק מהנקודה A לנקודה B הוא 4_m

ג. $h_2 = 0.4_m$

ד. כשמעניקים למסה מהירות $v_0 = 6_{\frac{m}{sec}}$, היא מגיעה לנקודה C ונעצרת שם. כדי שהיא תעצור לפני הנקודה C, צריכים היו לתת לה מהירות דחיפה קטנה יותר, כדי שתהיה לה פחות אנרגיה. אולם מהירות קטנה יותר לא הייתה מאפשרת לה לעבור את הגבעה. לכן לא קיימת אפשרות שהמסה תיעצר לפני הנקודה C.

ה. $k = 3.5_{\frac{N}{m}}$

ו.



ז. גודל השטח בין הגרף של כוח הקפיץ לציר האופקי הוא שטח משולש: $W_1 = \frac{7 \cdot 2}{2} = 7_J$

גודל השטח בין הגרף של כוח החיכוך לציר האופקי הוא שטח מלבן: $W_2 = 3.5 \cdot 2 = 7_J$

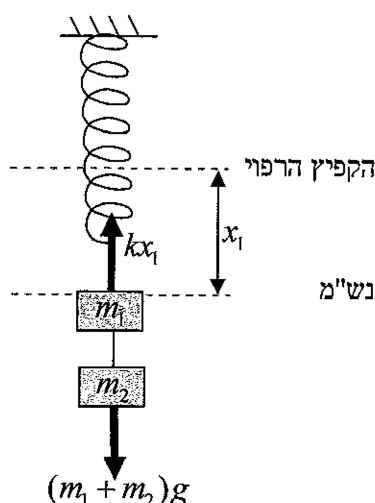
השטחים מתארים את העבודה שהשקיע כל כוח בין הנקודה A לנקודה C.

השטחים הם שליליים, כי העבודה שהושקעה במסה לקחה ממנה את האנרגיה שהייתה לה.

כאשר העניקו למסה מהירות $v_0 = 6_{\frac{m}{sec}}$, בשני המקרים היא הגיעה לנקודה A עם אותה אנרגיה, ונעצרה בנקודה C. לכן העבודה שהפעיל כל אחד מהכוחות הללו זהה, והשטחים שווים.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. הקפיץ התארך ב- $x_1 = 0.5_m$ ממצבו הרפוי.



ב. $A = 0.4_m$

ג. במהלך התנודות הקפיץ יתכווץ, כי הנש"מ הוא 0.1 מטר מתחת לנקודה בה הקפיץ רפוי, ומשרעת התנודה היא 0.4 מטר. כלומר הקפיץ יעלה 0.4 מטר מעל הנש"מ, ובשיא התנודה הוא יתכווץ ב-0.3 מטר.

ד. 12.5_J

ה. 1+2. גודל המהירות המקסימלית של הגוף הוא $4\ \frac{m}{sec}$

ו. תאוצת הגוף בשיא התנודות היא $a = 40\ \frac{m}{sec^2}$ כלפי מטה.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. גובה הלווין מפני הקרקע של הכוכב יהיה $15R$

ב. זמן המחזור יגדל פי 8.

ג. החלק המקווקו מתאר גבהים שליליים מעל פני הכוכב, ואין לכך שום משמעות פיסיקלית. מבחינה מתמטית, הנוסחה שמייצגת את הגרף, יכולה לקבל ערכים שליליים לגובה, ולכן ניתן לצייר את הגרף גם באזור זה.

ד. נקודת החיתוך עם הציר האנכי היא $-R$

ה. היחידות של שיפוע הגרף הן : $\frac{m^3}{sec^2}$

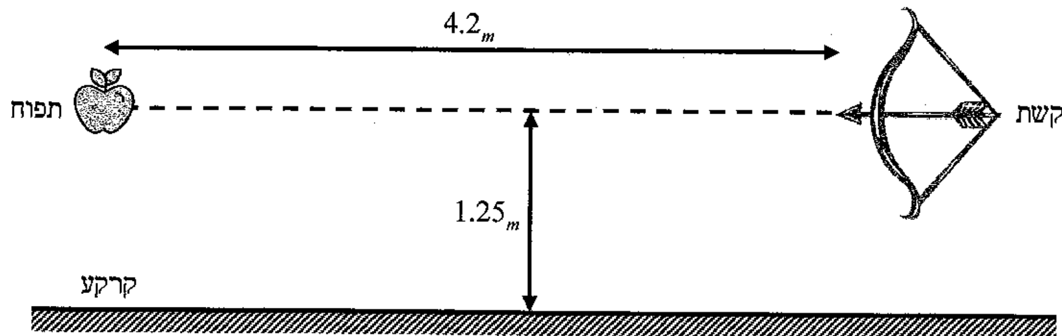
ו. $M = 6\cdot 10^{21}{}_{kg}$

מבחן מספר 10

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

חץ הנתון בקשת דרוכה מכוון אופקית שמאלה, לעבר תפוח המוחזק במנוחה. החץ והתפוח נמצאים בגובה 1.25_m מעל הקרקע. מרחק החץ מהתפוח הוא 4.2_m (ראה תרשים).



ברגע $t=0$ החץ נורה מן הקשת במהירות (אופקית) שגודלה $12\frac{m}{sec}$, ובו-זמנית שוחרר התפוח (ממנוחה). הזנח את השפעת האוויר על תנועת החץ ועל תנועת התפוח, והתייחס לחץ ולתפוח כאל גופים נקודתיים.

א. קבע האם החץ עובר את המרחק האופקי מן הקשת עד לתפוח לפני/אחרי שהתפוח פוגע בקרקע. נמק.

ב. הסבר מדוע החץ פוגע בתפוח (תוכל להסביר במילים או בעזרת נוסחאות).

ג. חשב את המהירות (גודל וכיוון) שבה החץ פוגע בתפוח.

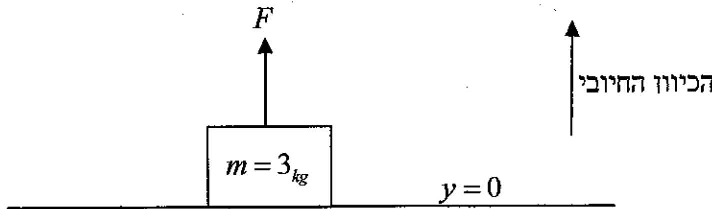
ד. האם צורת המסלול שבו נע החץ עד פגיעתו בתפוח היא : קו ישר/פרבולה/מעגל. הוכח תשובתך, וסרטט גרף שיתאר את גובה החץ מהקרקע כתלות במרחק האופקי שעבר (עד למקום פגיעת החץ בתפוח).

הקשת יורה את החץ בשיפוע מעל האופק, כך שהרכיב האופקי של מהירות החץ הוא $12\frac{m}{sec}$ והאנכי הוא $12\frac{m}{sec}$ (כלפי מעלה). זורקים את התפוח בכיוון אנכי מעלה ברגע יריית החץ.

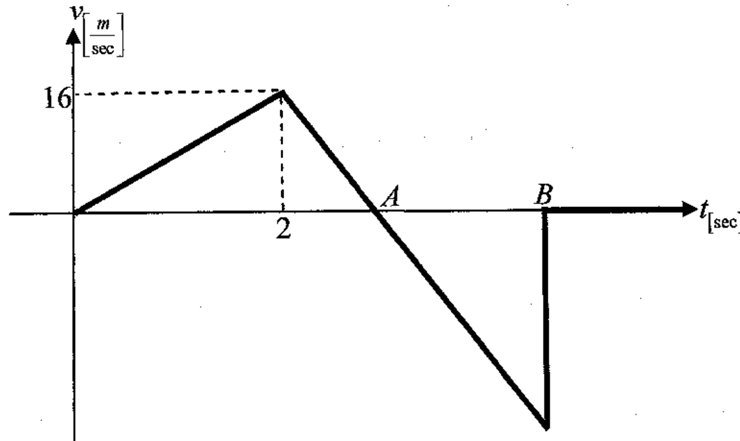
ה. מה צריכה להיות מהירות הזריקה של התפוח, כדי שהחץ יפגע בתפוח ? נמק.

שאלה 2

נתונה המסה $m=3_{kg}$, שנמצאת במנוחה על הקרקע. ברגע $t=0$ הופעל על המסה הכוח F כלפי מעלה, ולאחר זמן מסוים הוא פסק. הקרקע תיקבע כמיקום $y=0$, והכיוון מעלה יחשב ככיוון החיובי.



הגרף המצורף מתאר את מהירות המסה כפונקציה של הזמן :



א. חשב את הכוח F שפעל על המסה.

ב. רשום נוסחה למהירות המסה כפונקציה של הזמן (יש לחלק את התשובה לשני מקרים : בזמן פעולת הכוח, ולאחר שהכוח פסק).

ג. מהו ערך הנקודה A ?

ד. מהו הגובה בו נמצאת המסה ברגע שהכוח F חדל לפעול ?

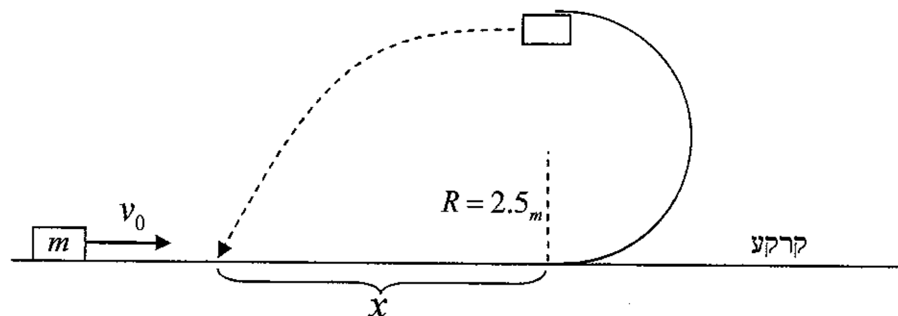
ה. מהו ערך הנקודה B ? הסבר מדוע גודל מהירות האבן יורד בבת אחת ל 0, ברגע B.

ו. האם השטח החיובי בין הגרף וציר הזמן, שווה, גדול או קטן מהשטח השלילי ? מה משמעות השטח ?

ז.(רשות) רוצים שהמסה תפגע בקרקע ללא מהירות. באיזה רגע יש להפעיל עליה שוב את אותו הכוח F ?

שאלה 3

גוף שמסתו m נדחף במהירות v_0. הגוף מחליק על הקרקע, ונכנס למסלול בצורת חצי מעגל, שניצב לקרקע ורדיוסו $R = 2.5_m$. כשהגוף מגיע לנקודה העליונה ביותר הוא עוזב את המסלול, ולבסוף פוגע שוב בקרקע. המרחק האופקי בין תחתית המסלול המעגלי לנקודה שבה פוגע הגוף חזרה בקרקע הוא x.



א. האם הזמן בו שוהה הגוף באוויר, מושפע מהמהירות v_0 שבה נדחף הגוף? אם כן, נמק מדוע. אם לא, מצא את זמן השהייה של הגוף באוויר.

נתון שהכוח בו מעיק הגוף על המסילה בנקודה העליונה ביותר, שווה ל- $1.25mg$

ב. מצא את המרחק האופקי x, שעשה הגוף מהרגע שהתנתק מהמסילה, ועד הרגע שפגע בקרקע.

ג. מצא את המהירות v_0 בה נדחף הגוף.

משנים את מהירות הדחיפה v_0 של הגוף. הנח שהגוף מגיע לנקודה העליונה של המסלול ורק אז הוא עוזב אותו.

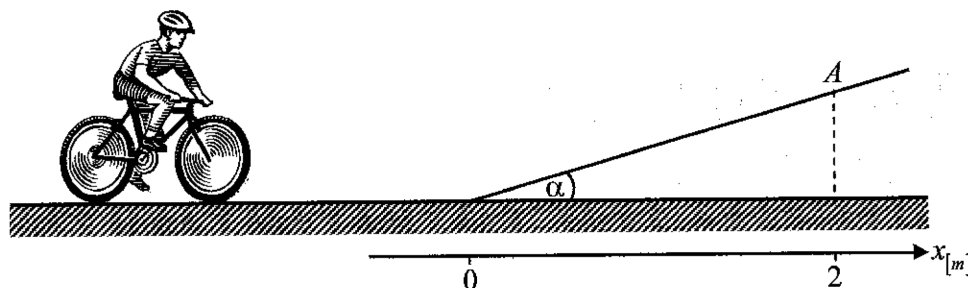
ד. תלמיד טען שקיימת מהירות v_0 שתגרום לגוף להגיע לשיא הגובה במהירות 0, ומשם הוא יבצע נפילה חופשית, והמרחק האופקי x יהיה 0. מדוע שוגה התלמיד בטענתו?

ה. מה חייבת להיות המהירות v_0 המינימלית, כדי שהגוף אכן יבצע את התנועה המתוארת בשאלה?

ו.(רשות) מהו המרחק האופקי x המינימלי שיכול לעשות הגוף, בתנאים המתוארים בשאלה.

שאלה 4

בתרשים שלפניך מתואר רוכב אופניים הנע תחילה על משטח אופקי, ולאחר מכן על משטח ישר ומשופע (בלי להשקיע מאמץ שרירים). בתרשים מתואר גם ציר x אופקי שראשיתו בנקודת ההתחלה של המשטח המשופע. הזנח את החיכוך הפועל על הרוכב ועל האופניים.



בשלוש נקודות לאורך המשטח המשופע נמדדה האנרגיה הקינטית E_k, של הרוכב. בטבלה שלפניך נרשם המקום האופקי x של הנקודות, ונרשמה האנרגיה הקינטית של הנער בנקודות אלה.

אנרגיה קינטית - $E_{k[J]}$	300	225	150
מקום אופקי - $x_{[m]}$	0.5	1	1.5

א. בלי להתבסס על נתוני הטבלה, הוכח כי הקשר בין האנרגיה הקינטית E_k של הרוכב על המשטח המשופע, לבין המקום x, הוא לינארי (קווי).

ב. על-פי נתוני הטבלה, סרטט במערכת צירים גרף של האנרגיה הקינטית E_k, כפונקציה של המקום x.

ג. קבע בעזרת הגרף שסרטטת בסעיף ב, מהי האנרגיה הקינטית של הרוכב בנקודת ההתחלה של המשטח המשופע.

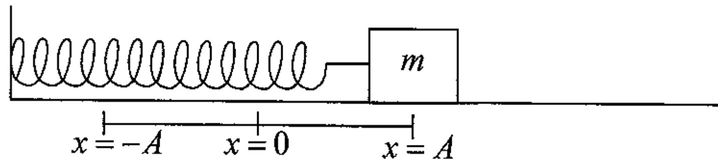
ד. האם הרוכב הגיע לנקודה A שעל המשטח המשופע (שבה $x = 2_m$)? נמק.

ה. קבע בעזרת הגרף שסרטטת בסעיף ב, מהו הערך של x המתאים לנקודה על המשטח המשופע שבה נעצר הרוכב. הסבר כיצד קבעת זאת.

ו.(רשות) אילו רוכב האופניים היה נוסע על המישור האופקי במהירות הגדולה פי 1.2 ממהירותו המקורית, כיצד היה נראה גרף האנרגיה הקינטית שלו כפונקציה של x? היכן הוא ייעצר במקרה זה?

שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו m, מחובר לקפיץ ונמצא על מישור אופקי חלק. המיקום $x=0$ מתאים לנקודה שבה הגוף נמצא כשהקפיץ רפוי. הגוף מבצע תנודות הרמוניות, ומשרעת התנודה היא A.



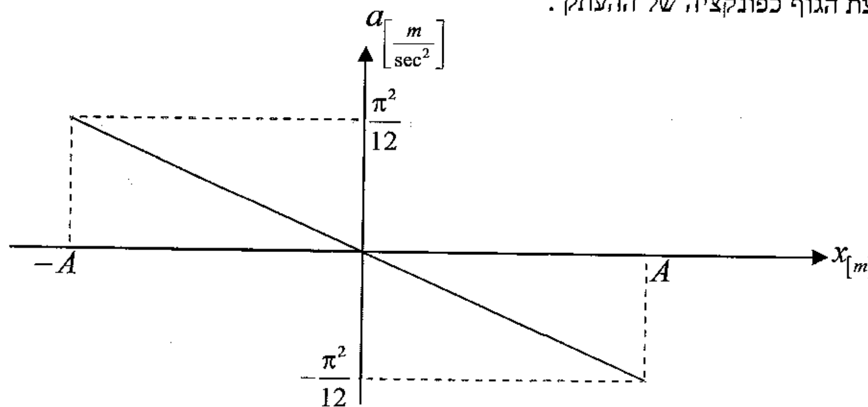
נוסחת ההעתק של הגוף כפונקציה של הזמן מתוארת בקשר הבא : $x = A\cos(\frac{\pi}{6}\cdot t)$

א. מהו זמן המחזור של התנודה ?

ב. היכן היה הגוף ברגע $t=0$?

ג.(רשות) תוך כמה זמן יגיע הגוף לנקודה $x=-\frac{A}{2}$ בפעם הראשונה ? בפעם השלישית ?

הגרף הבא מתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של ההעתק :



ד. מצא את משרעת התנודה A.

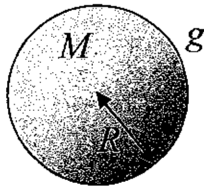
ה. רשום את המשוואה המתאימה לגרף, ומצא <u>באמצעותה</u> את תאוצת הגוף בנקודה $x=-\frac{A}{2}$.

ו. סמן את הכוחות הפועלים על הגוף בנקודה $x=-\frac{A}{2}$, ומצא את תאוצתו שם, באמצעות החוק השני של ניוטון.

שאלה 6 (כבידה)

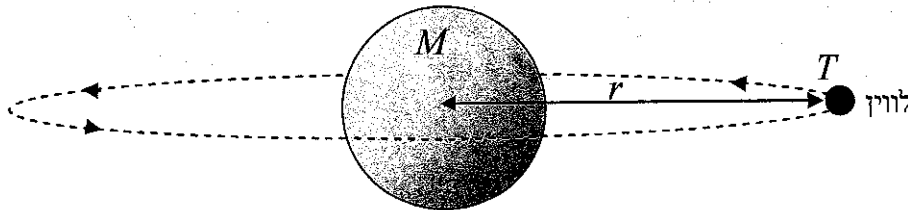
א. 1. בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות רדיוסו (R), ובאמצעות תאוצת הנפילה החופשית על פניו (g).

2. על-פי הביטוי שמצאת בסעיף א.1., חשב את מסת כדור הארץ.



ב. 1. בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות זמן המחזור של לווין הנע סביבו (T), ובאמצעות רדיוס מסלולו של הלווין (r).

2. על-פי הביטוי שמצאת בסעיף ב.1., חשב את מסת כדור הארץ.



ג. לפניך מופיע ביטוי המתאר את האנרגיה הקינטית של לווין הנע במסלול מעגלי סביב כוכב:

$$E_k = \frac{GMm}{2r}$$

הוכח קשר זה. אינך רשאי להשתמש בביטוי לאנרגיה הכוללת (של לווין) ובביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית המופיעים בדף הנוסחאות.

לווין שמסתו $m = 300_{kg}$ סובב סביב כוכב. זמן המחזור של הסיבוב הוא 5 שעות. כמו כן, ידוע שהאנרגיה הקינטית של הלווין במהלך סיבובו היא $E_k = 8.7 \cdot 10^8{}_J$.

ד. מצא את רדיוס הסיבוב של הלווין סביב הכוכב.

ה. מצא את מסת הכוכב, שסביבו חג הלווין.

ו. האם הלווין צריך להשקיע אנרגיה כדי להסתובב סביב הכוכב ?

פתרון סופי

מבחן מספר 10

קישור לפתרונות המלאים



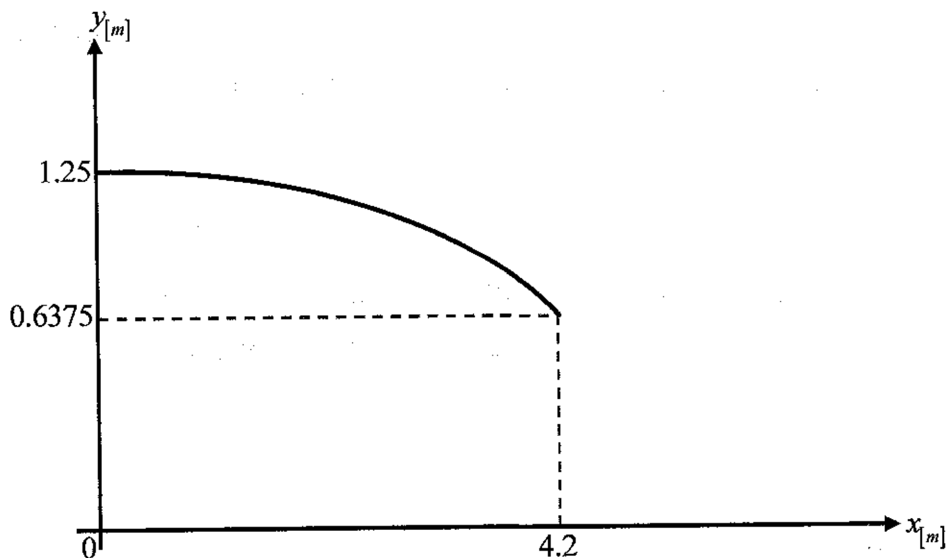
פתרון שאלה 1

א. החץ עובר את המרחק האופקי מן הקשת עד לתפוח לפני שהתפוח פוגע בקרקע.

ב. התפוח והחץ מתחילים את תנועתם מאותו גובה בו-זמנית. מהירותם האנכית ההתחלתית זהה ושווה ל-0, והם נופלים באותה תאוצה- g. מכאן שבכל רגע נתון הם נמצאים בגובה זהה מעל הקרקע, ומכיוון שהחץ מספיק לעבור את המרחק האופקי עד לתפוח לפני שהתפוח פוגע בקרקע, החץ פוגע בתפוח.

ג. מהירות החץ ברגע פגיעתו בתפוח שווה ל- $12.5\frac{m}{sec}$ וכיוונה $16.26°$ מתחת לציר x החיובי.

ד. פרבולה $y=1.25-\frac{5}{144}x^2$



ה. יש לזרוק את התפוח במהירות של $12\frac{m}{sec}$ כלפי מעלה.

פתרון שאלה 2

א. $F=54_N$

ב. פתרון :

$$v=\begin{cases}8t & 0<t<2_{sec}\\ -10t+36 & t>2_{sec}\end{cases}$$

ג. בנקודה A המסה נעצרה : $t = 3.6_{sec}$

ד. $y = 16_m$

ה. ערך הנקודה B הוא 6_{sec}

המהירות דועכת בבת אחת ל-0, כי הקרקע בולמת את מהירות האבן מהר מאוד, וכמעט ולא ניתן מבחינה גרפית, לראות את השינוי במהירות. (בעיקרון יש שיפוע מסויים לדעיכת המהירות, אבל הוא זניח)

ו. השטח החיובי שווה לשטח השלילי, כי השטח החיובי מייצג את המרחק הכולל שעלתה המסה, והשטח השלילי מייצג את המרחק הכולל שהיא ירדה. מרחקים אלו זהים וערכם 28.8_m

ז. יש להפעיל את הכוח, 1.6_{sec} ברגע $t = 5.2_{sec}$.

פתרון שאלה 3

א. זמן שהייתו באוויר אינו מושפע ממהירות הדחיפה v_0 שנתנו לו, והוא יישאר קבוע : $t = 1_{sec}$

ב. $x = 7.5_m$

ג. $v_0 = 12.5_{\frac{m}{sec}}$

ד. כדי שהגוף יגיע לשיא הגובה, הוא חייב ללחוץ על המסילה בכוח כלשהו, אחרת יפול. כדי שזה יקרה, חייבת להיות לו מהירות בשיא הגובה.

ה. $v_0 = 11.18_{\frac{m}{sec}}$

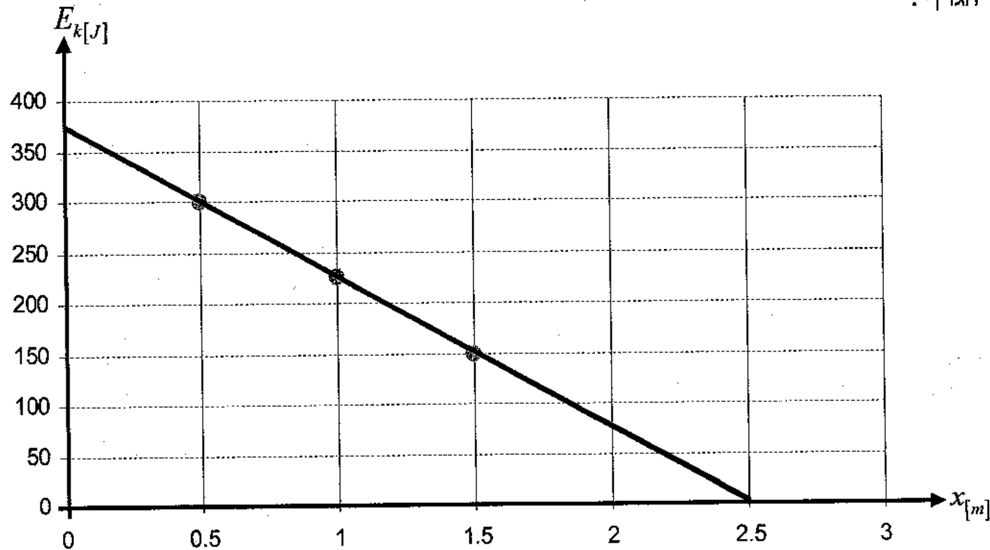
ו. $x = 5_m$

פתרון שאלה 4

א. $E_k=-(mg\cdot tg\alpha)x+E_{total}$

קיבלנו פונקציה <u>לינארית</u> במשתנה x ששיפועה $-mg\cdot tg\alpha$, ונקודת החיתוך שלה עם הציר האנכי היא $(0,E_{total})$.

ב. הגרף :



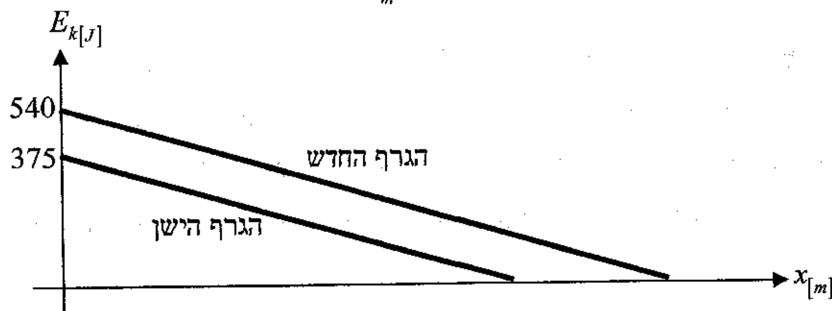
ג. $E_{k\,(x=0)}=375_J$

ד. כן.

הסבר : אנו רואים בגרף כי עבור $x=2_m$, ערכה של האנרגיה הקינטית הוא 75_J. מכאן שרוכב האופניים הגיע לנקודה A ואף עבר אותה.

ה. נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי מייצגת את הערך של x המתאים לנקודה על המשטח המשופע שבה נעצר הרוכב : $x=2.5_m$

ו. הרוכב יעצור כשהאנרגיה הקינטית שלו תתאפס : $x=3.6_m$



פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. $T = 12_{sec}$

ב. זווית המופע היא $\phi = 0$, ולכן הגוף היה בקצה החיובי של התנודה.

ג. הרגע בו יגיע הגוף לנקודה זו בפעם הראשונה יהיה : $t = 4_{sec}$

בפעם השלישית, הגוף יהיה שם כעבור זמן מחזור שלם נוסף, כלומר ברגע $t = 16_{sec}$.

ד. $A = 3_m$

ה. המשוואה המתאימה לגרף היא : $a = -\frac{\pi^2}{36}x$

נציב $x = -\frac{3}{2}_m$: $a = \frac{\pi}{24}{}_{\frac{m}{sec^2}}$

ו. $a = \frac{\pi^2}{24}{}_{\frac{m}{sec^2}}$



פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. 1. $M = \frac{gR^2}{G}$

2. $M_E = 6.103 \cdot 10^{24}{}_{kg}$

ב. 1. $M = \frac{4\pi^2 r^3}{T^2 G}$

2. $M_E = 6.024 \cdot 10^{24}{}_{kg}$

ג. $E_k = \frac{GMm}{2r}$

ד. $r = 6.9 \cdot 10^6{}_m$

ה. $M = 6 \cdot 10^{23}{}_{kg}$

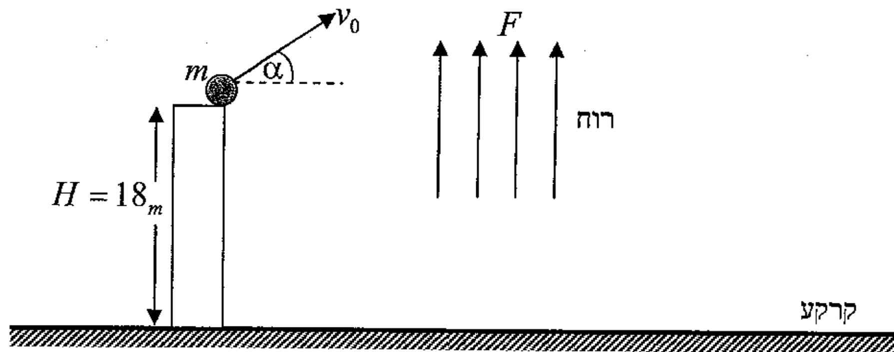
ו. <u>לא</u>. על הלווין פועל כוח כבידה שאותו מפעיל כוכב הלכת. בהשפעת כוח זה, הלווין מבצע תנועה מעגלית. הכוח ניצב כל הזמן למהירות, ולכן הוא לא משנה את גודל המהירות, ולא מבצע עבודה על הלווין. הלווין לא צריך להשקיע כוח כדי לשמור על תנועתו הסיבובית, ולפיכך הוא גם לא משקיע אנרגיה. האנרגיה הקינטית שבכל זאת יש ללווין, נובעת מהעבודה שהושקעה בו כדי להביאו למצב הקיים.

מבחן מספר 11

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

כדור שמסתו $m = 0.2_{kg}$, נזרק ברגע $t = 0$ מגובה $H = 18_m$, במהירות v_0, בזווית $\alpha = 36.87°$ מעל הציר האופקי. באזור בו נמצא הכדור קיים משב רוח חזק המפעיל על הכדור כוח F כלפי מעלה (ראה תרשים).
המיקום האופקי של הגוף ברגע $t = 0$ נקבע להיות $x = 0$, והכיוון החיובי בציר האופקי הוא ימינה.



א. באיזה תחום ערכים חייב להיות הכוח F שמפעילה הרוח על הכדור, כדי שהוא יגיע לקרקע ?
(הנח שכיוון הכוח הוא רק כלפי מעלה).

ידוע שהכדור מגיע לשיא הגובה ברגע $t = 2_{sec}$, ולקרקע ברגע $t = 6_{sec}$.

ב. מצא את מהירות הזריקה v_0.

ג. מצא את גודל הכוח F שמפעילה הרוח על הכדור.

ד. מהו המרחק האופקי שעשה הכדור עד פגיעתו בקרקע ?

במקרה אחר, נתון כי הכוח שמפעילה הרוח על הכדור הוא $F = 2_N$ כלפי מעלה. הנח שהכדור נזרק באותה המהירות ובאותה הזווית כמו קודם.

ה. מה תהיה מהירות הכדור (גודל וכיוון), ברגע $t = 6_{sec}$?

ו. היכן יהיה הכדור ברגע $t = 6_{sec}$? (רשום בתשובתך את מיקומו האופקי, ואת גובהו מעל פני הקרקע).

ז.(רשות) שרטט גרף של גובה הכדור מהקרקע כפונקציה של העתקו האופקי עבור מקרה זה (גרף המסלול).
סמן בגרף את הנקודה המתאימה למיקום הגוף ברגע $t = 6_{sec}$.

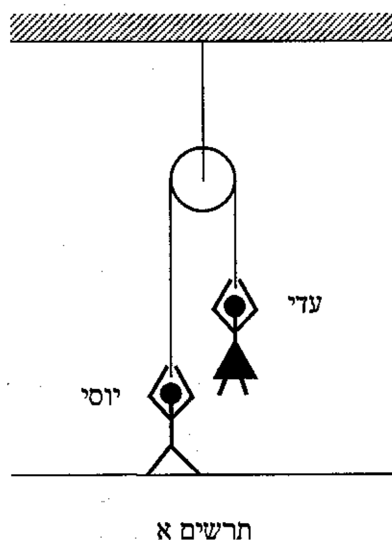
שאלה 2

בתרשים א שלפניך, מתוארת גלגלת המחוברת לתקרה, ומסביב לה כרוך חבל.

יוסי, שמסתו $m_1 = 62_{kg}$, עומד במנוחה על הרצפה ואוחז בחבל.

עדי, שמסתה $m_2 = 50_{kg}$, נתלית בקצהו האחר של החבל, וגם היא נמצאת במנוחה.

הזנח את מסת החבל, את מסת הגלגלת ואת כוחות החיכוך.



תרשים א

א. סרטט את כל הכוחות הפועלים על יוסי ואת כל הכוחות הפועלים על עדי. ליד כל כוח ציין את שמו.

ב. חשב את גודל הכוח שהרצפה מפעילה על יוסי.

עדי מתחילה לטפס במעלה החבל בתאוצה קבועה של $0.3 \frac{m}{sec^2}$ ביחס לרצפה.

יוסי נשאר במנוחה על הרצפה.

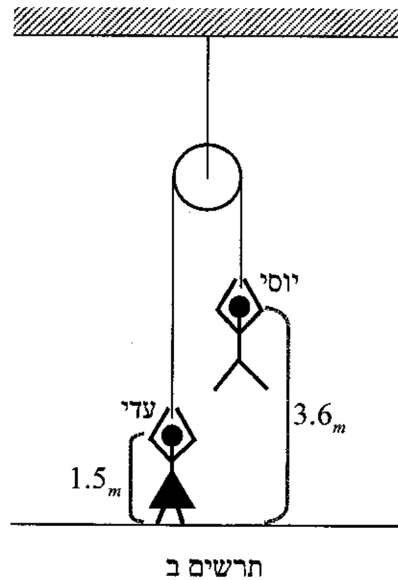
ג. האם הכוח שהרצפה מפעילה על יוסי במקרה זה גדול מהכוח שחישבת בסעיף ב, קטן ממנו או שווה לו ? נמק.

ד. חשב את המתיחות בחבל בזמן תנועתה של עדי במעלה החבל.

ה. חשב את התאוצה המינימלית שבה צריכה עדי לטפס במעלה החבל, כדי שיוסי יתרומם מהרצפה.

יוסי ועדי מחליפים ביניהם מקומות. ברגע $t=0$ עדי ניתקת מהרצפה ומתחילה להתרומם.

המרחק בין פניו של יוסי לרצפה ברגע $t=0$ הוא 3.6_m, והמרחק בין פניה של עדי לרצפה ברגע $t=0$ הוא 1.5_m (ראה תרשים ב).



תרשים ב

ו.(רשות) רשום ביטוי המתאר את מרחק פניו של כל ילד מהרצפה, כפונקציה של הזמן.

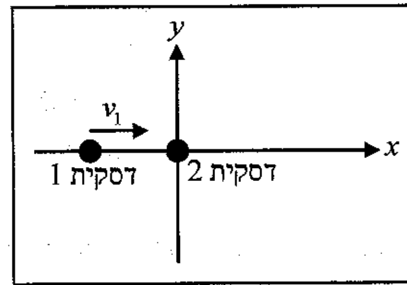
ז.(רשות) סרטט גרף שיתאר את המרחק בין הפנים של יוסי לפנים של עדי מרגע $t=0$, ועד הרגע שבו עיניהם נפגשות (ציין בגרף את הרגע בו עיניהם נפגשות).

שאלה 3

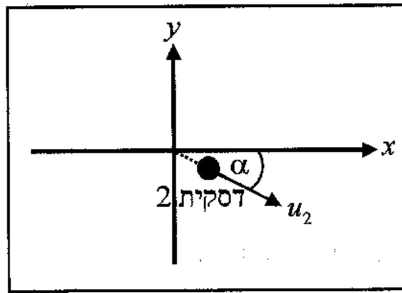
בתרשים א מתואר במבט מלמעלה, משטח על שולחן <u>חלק</u> ועליו שתי דסקיות :

דסקית 1 שמסתה $m_1 = 1.5_{kg}$ נעה בכיוון החיובי של ציר x במהירות שגודלה $v_1 = 8_{\frac{m}{sec}}$.

דסקית 2 שמסתה $m_2 = 1.5_{kg}$ נחה בראשית של מערכת הצירים הנמצאת במישור השולחן.



תרשים א



תרשים ב

לאחר ההתנגשות, נעה דסקית 2 בזווית $\alpha = 36.87^\circ$ מתחת לציר x החיובי, במהירות שגודלה $u_2 = 2_{\frac{m}{sec}}$,

כמתואר בתרשים ב (תנועת דסקית 1 לאחר ההתנגשות אינה מתוארת בתרשים ב).

א. מהו התנע הכולל של מערכת שתי הדסקיות לאחר ההתנגשות ? בתשובתך ציין גודל וכיוון.

ב. הסבר במילים מדוע לא ייתכן ששתי הדסקיות ינועו אחרי ההתנגשות ברביע הרביעי של מערכת הצירים (ראה תרשים ב).

ג. חשב את המהירות (גודל וכיוון) של דסקית 1 לאחר ההתנגשות. במידת הצורך, עגל 2 ספרות אחרי הנקודה העשרונית.

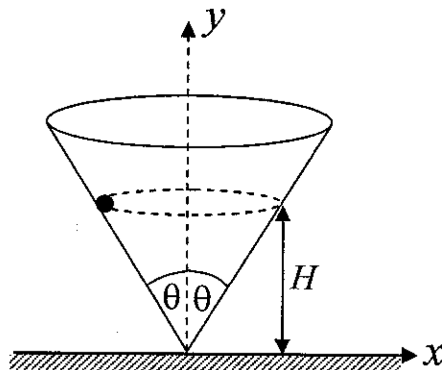
ד. האם ההתנגשות המתוארת בשאלה היא התנגשות אלסטית (לחלוטין) ? נמק.

ה. במקרה אחר, דסקית 1 נעה בכיוון החיובי של ציר x במהירות שגודלה v, ופוגעת בדסקית 2 הנמצאת במנוחה. כתוצאה מההתנגשות נעה דסקית 2 בזווית $\alpha = 36.87^\circ$ מתחת לציר x החיובי, ודסקית 1 נעה בזווית $\beta = 53.13^\circ$ מעל ציר x החיובי. הוכח שההתנגשות חייבת להיות אלסטית!

שאלה 4

חרוז קטן נע בתנועה מעגלית קצובה במישור אופקי בתוך חרוט שזווית הפתיחה שלו היא 2θ (ראה שרטוט).

ניתן להניח כי כל כוחות החיכוך זניחים.



א. I. בנה תרשים של כל הכוחות הפועלים על החרוז. רשום את שמו של כל כוח, ואת הזווית שלו ביחס למערכת הצירים.

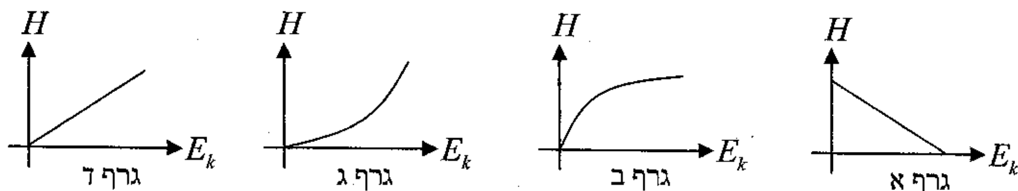
II. ציין מי מפעיל כל כוח.

ב. כתוב בעזרת חוקי ניוטון את משוואות הכוחות הקובעות את תנועת החרוז, אחת בכיוון הציר הרדיאלי ואחת בכיוון הציר האנכי.

ג. נתונה המהירות הקווית של החרוז, v. בטא בעזרתה את גובה מישור התנועה של החרוז, H (ראה תרשים).

ד. הוכח כי אם החרוז יאבד אנרגיה קינטית (מסיבה כלשהי), אז מישור התנועה שלו בתוך החרוט יהיה נמוך יותר (כלומר H יקטן).

ה. נתונים 4 גרפים:



איזה גרף מבין הארבעה מייצג את גובה החרוז H, כפונקציה של האנרגיה הקינטית שיש לו ? נמק.

ו. נתון: $\theta = 35°$, $H = 40_{cm}$

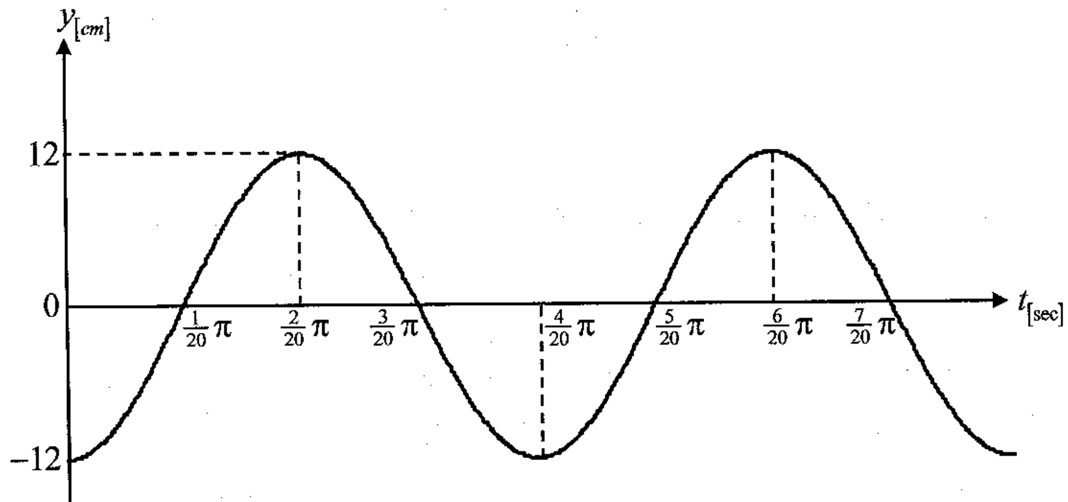
מצא את:

I. המהירות הקווית של החרוז, v.

II. זמן המחזור של תנועת החרוז, T.

שאלה 5 (הרמונית)

משקולת שמסתה $m = 0.5_{kg}$, תלויה על קפיץ אנכי שמסתו זניחה. תלמיד משך את המשקולת כלפי מטה מרחק A, ושחרר אותה (ממנוחה). חיישן המחובר למחשב מדד את מקום המשקולת בזמנים שונים, ועל צג המחשב התקבל הגרף המתואר בתרשים. מקום המשקולת y, נמדד ביחס לציר אנכי שראשיתו בנקודת שיווי-המשקל, וכיוונו החיובי כלפי מעלה.



א. מצא את משרעת התנודות (A), את זמן המחזור של התנודות (T), ואת תדירותן (f).

ב. חשב את קבוע הכוח של הקפיץ (k).

ג. חשב את מידת התארכות הקפיץ ממצבו הרפוי, כשהגוף נמצא בתחתית מסלולו.

ד. ערוך תרשים כוחות על הגוף, כשהוא בתחתית מסלולו, ומצא את תאוצתו שם באמצעות החוק השני של ניוטון. השווה את תשובתך לתשובה המתקבלת מנוסחת התנועה ההרמונית: $a = \pm\omega^2 x$.

ה. מתי בפרק הזמן $\frac{1}{20}\pi_{\text{sec}} < t < \frac{5}{20}\pi_{\text{sec}}$ מתאפסת מהירות המשקולת? <u>הסבר</u>.

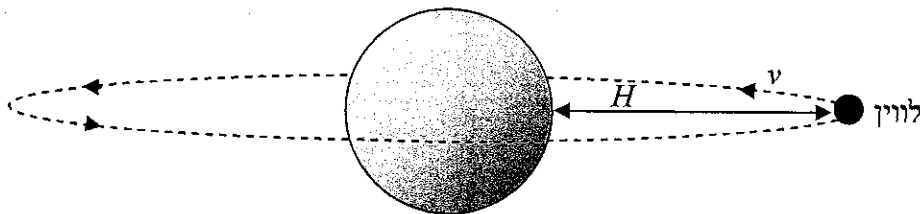
מתי בפרק הזמן $\frac{2}{20}\pi_{\text{sec}} < t < \frac{6}{20}\pi_{\text{sec}}$ מתאפסת תאוצת המשקולת? <u>הסבר</u>.

ו. ענה על שלושת הסעיפים הבאים:

1. האם בפרק הזמן $\frac{1}{20}\pi_{\text{sec}} < t < \frac{3}{20}\pi_{\text{sec}}$, כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת, זהה בכל רגע לכיוון הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת?
2. האם בפרק הזמן $\frac{3}{20}\pi_{\text{sec}} < t < \frac{5}{20}\pi_{\text{sec}}$, כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת, זהה בכל רגע לכיוון הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת?
3. באילו העתקים כיוון הכוח השקול, זהה לכיוון הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת?

שאלה 6 (כבידה)

חוקרי נאס"א מעוניינים לחקור כוכב לא מוכר. הם שולחים 5 לווינים שיחוגו סביב הכוכב, כל אחד בגובה שונה. בציור המצורף מתואר לווין אחד מתוך החמישה :



על הלווין יש מד גובה ומד מהירות. מד הגובה מודד את גובה הלווין H, מפני הקרקע של הכוכב, ומד המהירות מודד את מהירותו המשיקית v של הלווין במהלך הסיבוב.

גובה $[km]$	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000
מהירות $\left[\frac{m}{sec}\right]$	1,755	1,581	1,348	1,195	1,136

בטבלה הבאה מתוארות הקריאות של חמשת הלווינים :

א. שרטט גרף של גובה הלווין מפני הקרקע של הכוכב H, כפונקציה של מהירותו v.

ב. הוסף לטבלה שורה, של אחד חלקי מהירות כל לווין בחזקה ריבועית $\left(\frac{1}{v^2}\right)$, ומלא את הנתונים המתאימים.

ג. צייר גרף של גובה הלווין H, כפונקציה של $\frac{1}{v^2}$. שרטט את הישר הטוב ביותר שניתן להעביר בין המדידות.

ד. מדוע אמור להתקבל גרף לינארי ? הסבר את תשובתך ע"י פיתוח הנוסחה המתאימה.

ה. מצא את מסת הכוכב, ואת רדיוסו.

ו. מהו היתרון בשימוש בגרף לינארי, על פני הגרף שציירת בסעיף א ?

פתרון סופי

מבחן מספר 11

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. $0 < F < 2_N$

ב. $v_0 = 10_{\frac{m}{sec}}$

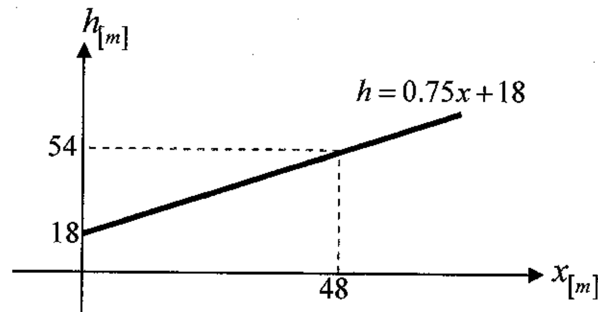
ג. $F = 1.4_N$

ד. $x = 48_m$

ה. כיוון מהירותו ישאר $\alpha = 36.87°$ מעל הציר האופקי החיובי, וגודל מהירותו כעבור 6 שניות לא ישתנה ויישאר $v = 10_{\frac{m}{sec}}$.

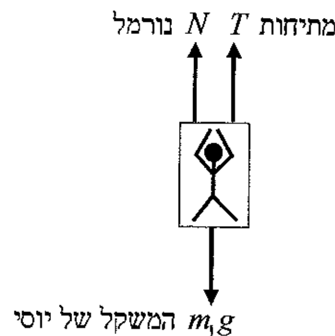
ו. מיקום הכדור בציר האופקי הוא $x = 48_m$, וגובהו מהקרקע ברגע זה הוא $h = 54_m$.

ז.

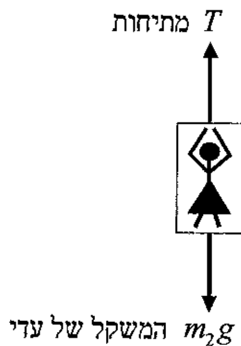


פתרון שאלה 2

א. תרשים הכוחות הפועלים על יוסי:



תרשים הכוחות הפועלים על עדי:



ב. גודל הכוח שהרצפה מפעילה על יוסי הוא 120 ניוטון.

ג. הכוח שהרצפה מפעילה על יוסי במקרה זה, <u>קטן</u> מהכוח שחישבנו בסעיף ב'.

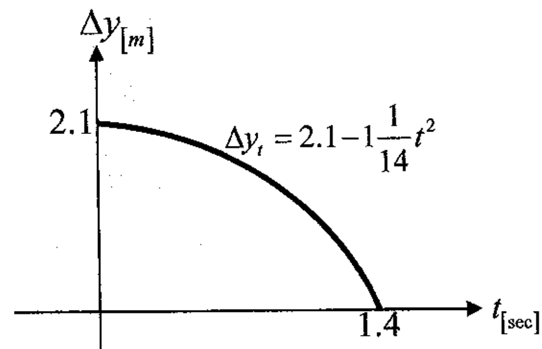
ד. $T = 515_N$

ה. $a_{\min} = 2.4_{\frac{m}{sec^2}}$

ו. משוואת התנועה של עדי: $y_t = 1.5 + \frac{15}{28}t^2$

משוואת התנועה של יוסי: $y_t = 3.6 - \frac{15}{28}t^2$

ז.



פתרון שאלה 3

א. התנע הכולל של המערכת לאחר ההתנגשות הוא $P_{end} = 12_{\frac{kg\cdot m}{sec}}$ בכיוון ציר x החיובי.

ב. לפני ההתנגשות, רכיב התנע הכולל בכיוון y שווה לאפס. לכן, על-פי חוק שימור התנע, לאחר ההתנגשות, רכיב התנע הכולל בכיוון y צריך להיות שווה לאפס. מצב זה לא יתרחש אם שתי הדסקיות ינועו לאחר ההתנגשות ברביע הרביעי. בהתאם לעיקרון שימור התנע, דסקית 1 חייבת לנוע ברביע הראשון, כדי לבטל את רכיב התנע האנכי של דסקית 2.

ג. לאחר ההתנגשות, דסקית 1 נעה במהירות שגודלה $6.51_{\frac{m}{sec}}$, וכיוונה 10.62° מעל ציר x החיובי.

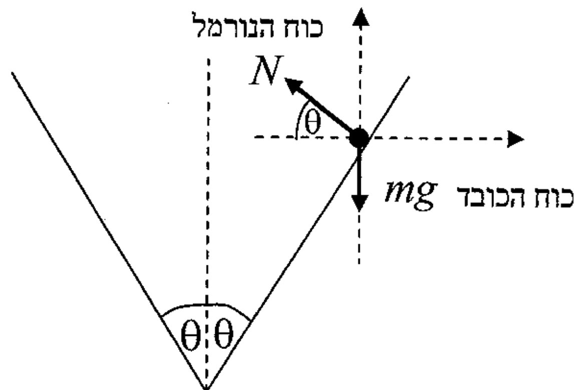
ד. האנרגיה הקינטית לא נשמרת, לכן ההתנגשות המתוארת בשאלה היא <u>איננה</u> התנגשות אלסטית (לחלוטין).

ה. $E_{end} = E_{begin} = 0.75v^2$

האנרגיה נשמרה, ולכן זו חייבת להיות התנגשות אלסטית.

פתרון שאלה 4

א. I.



II. את הכוח N מפעיל החרוט על החרוז.

את הכוח mg מפעיל כדור הארץ על החרוז.

ב. בציר הרדיאלי: $N\cos\theta = \dfrac{mv^2}{R}$

בציר האנכי: $N\sin\theta = mg$

ג. $H = \dfrac{v^2}{g}$

ד. ככל ש-E_k קטן, v קטן ולכן מהביטוי בסעיף ג, גם H קטן.

ה. הקשר בין H ל-E_k הוא קשר לינארי, ששיפועו $\dfrac{2}{mg}$, ולכן הגרף המתאים הוא גרף ד.

ו. I. $v = 2_{\frac{m}{\sec}}$

II. $T = 0.88_{\sec}$

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. $A = 12_{cm}$ $T = 0.628_{\sec}$ $f = 1.59_{Hz}$

ב. $k = 50_{\frac{N}{m}}$

ג. בתחתית התנודה הקפיץ מתארך ממצבו הרפוי ב-22_{cm}

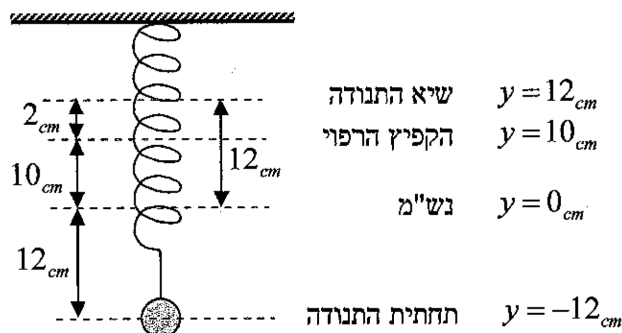
ד. תאוצת המשקולת בתחתית המסלול היא $a = 12_{\frac{m}{\sec^2}}$ כלפי מעלה.

ה. מהירות המשקולת מתאפסת ברגעים : $t_2 = \frac{4}{20}\pi_{sec}$ $t_1 = \frac{2}{20}\pi_{sec}$

תאוצת המשקולת מתאפסת ברגעים : $t_2 = \frac{5}{20}\pi_{sec}$ $t_1 = \frac{3}{20}\pi_{sec}$

ו. 1. עבור פרק הזמן $\frac{1}{20}\pi_{sec} < t < \frac{3}{20}\pi_{sec}$:

המשקולת נמצאת מעל הנש"מ, ולכן הכוח השקול הפועל עליה הוא כל הזמן כלפי מטה, לכיוון הנש"מ.



כשהמשקולת מעל הנש"מ, קיימים רגעים בהם הקפיץ מתוח, וקיימים רגעים בהם הקפיץ מכווץ. כשהמשקולת נמצאת באזור שבין הנש"מ ועד לנקודה בה הקפיץ רפוי, הקפיץ עדיין מתוח, ולכן כיוון הכוח שהוא מפעיל על המשקולת הוא כלפי מעלה. כשהמשקולת עולה מעל הנקודה בה הקפיץ רפוי, הקפיץ מתכווץ, ולכן הכוח שהוא מפעיל על המשקולת הוא כלפי מטה. לכן, כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת, <u>אינו זהה</u> בכל רגע לכיוון הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת.

2. עבור פרק הזמן $\frac{3}{20}\pi_{sec} < t < \frac{5}{20}\pi_{sec}$:

המשקולת נמצאת מתחת הנש"מ, ולכן הכוח השקול הפועל עליה הוא כל הזמן כלפי מעלה לכיוון הנש"מ.

כשהמשקולת מתחת הנש"מ, הקפיץ מתוח כל הזמן, ולכן כיוון הכוח שהוא מפעיל עליה הוא כלפי מעלה. לכן, כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת <u>זהה</u> בכל רגע לכיוון הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת.

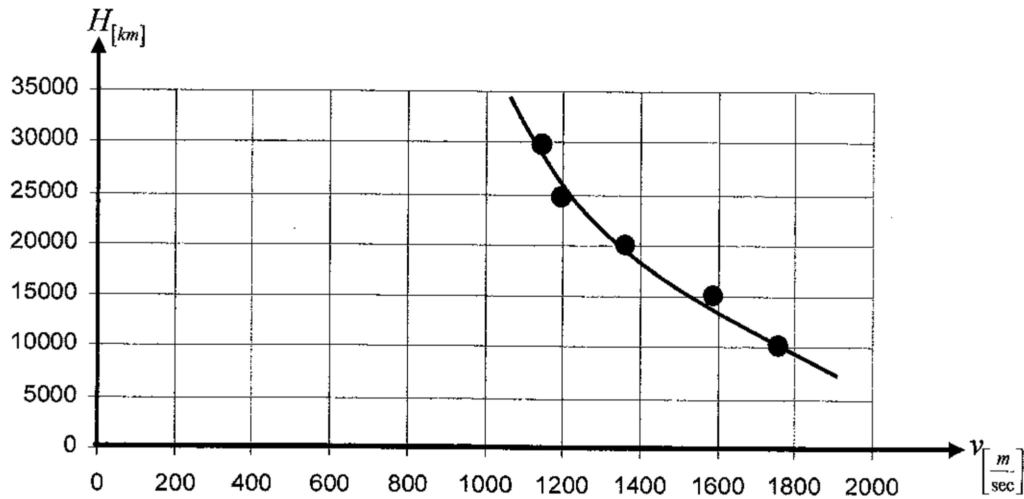
3. כאשר $-12_{cm} < y < 0$, הקפיץ מתוח, ומפעיל כוח כלפי מעלה, כמו הכוח השקול.

כאשר $10_{cm} < y < 12_{cm}$, הקפיץ מכווץ, ומפעיל כוח כלפי מטה, כמו הכוח השקול.

רק כאשר $0_{cm} < y < 10_{cm}$ הקפיץ מפעיל כוח מנוגד לכיוון הכוח השקול, כי הקפיץ מתוח ומפעיל כוח כלפי מעלה, ואילו הכוח השקול מפעיל כוח לכיוון הנש"מ, כלפי מטה.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

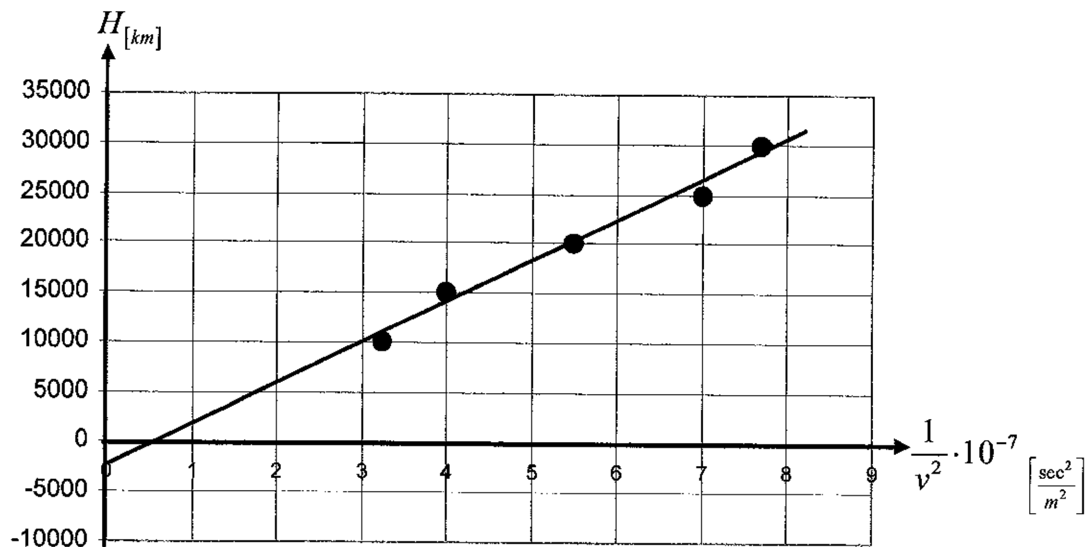
א. גרף של גובה הלווין מהקרקע, כפונקציה של מהירותו :



ב.

גובה $[km]$	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000
מהירות $\left[\frac{m}{sec}\right]$	1,755	1,581	1,348	1,195	1,136
$\frac{1}{v^2}\cdot 10^{-7}$ $\left[\frac{sec^2}{m^2}\right]$	3.25	4	5.5	7	7.75

ג.



ד. $H = GM \cdot \frac{1}{v^2} - R$

קיבלנו קשר המתאים לנוסחה $y = ax + b$, ולכן הגרף הוא לינארי. שיפוע הגרף הוא GM, ונקודת החיתוך שלו עם הציר האנכי היא $-R$

ה. $M = 6 \cdot 10^{23}{}_{kg}$ $\quad R = 2,500_{km}$

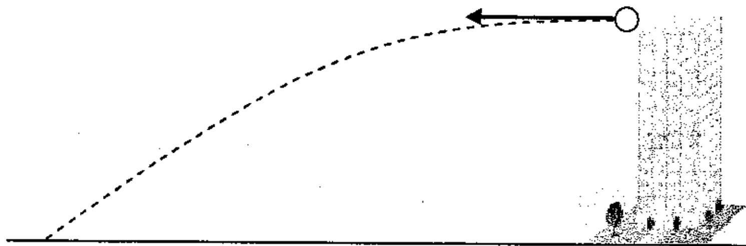
ו. גרף לינארי מאפשר להעביר ישר די מדוייק בין הנקודות, ובכך לעשות ממוצע של המדידות, ולמזער את השגיאה.

מבחן מספר 12

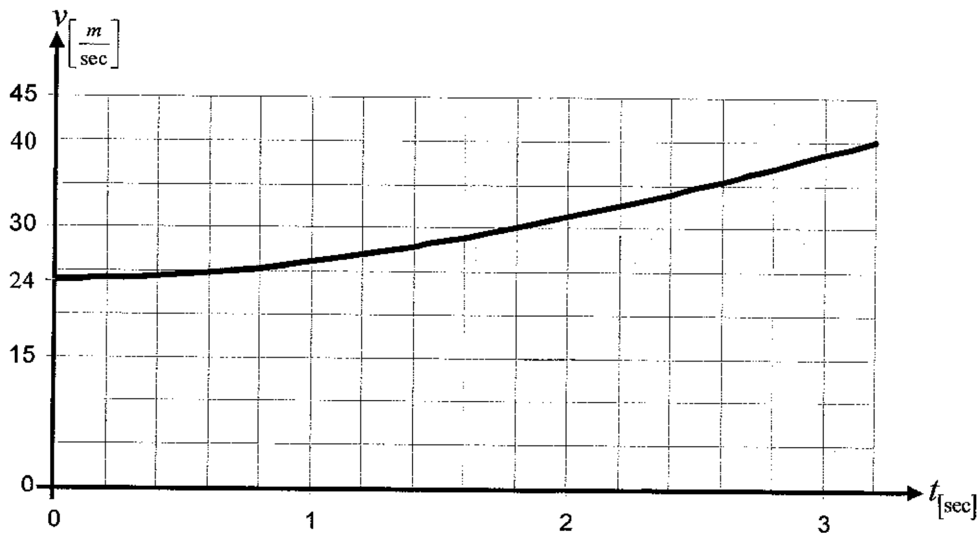
יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

גוף נזרק אופקית מראש בניין, כמתואר בתרשים הבא.



הגרף הבא מתאר את <u>גודל</u> מהירותו של הגוף כפונקציה של הזמן, עד רגע פגיעתו בקרקע :



א. באיזו מהירות (גודל וכיוון) נזרק הגוף ?

ב. מה הייתה מהירות הגוף (גודל וכיוון) כשהוא פגע בקרקע ?

ג. באיזה רגע פגע הגוף בקרקע ?

ד. מצא את המרחק האופקי בין נקודת הפגיעה של הגוף בקרקע, לבין תחתית הבניין.

ה. מהו גובה הבניין ?

ו. היעזר <u>בגרף בלבד</u>, וקבע באיזה רגע גודל מהירותו של הגוף היה $v = 30\frac{m}{sec}$?

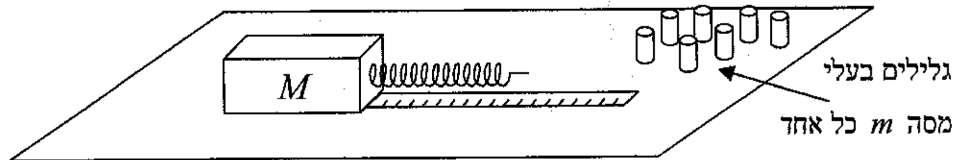
ז.(רשות) תלמיד ספר את מספר המשבצות בין הגרף הנתון לציר הזמן, וגילה שיש 95.5 משבצות.

מצא את השטח בין הגרף הנתון לציר הזמן. מה הוא מייצג ?

שאלה 2

תלמיד עורך ניסוי שמטרתו לקבוע את מקדם החיכוך הסטטי μ בין שני משטחים.

בתרשים המצורף מתוארת תיבה ריקה שמסתה M המונחת על משטח אופקי. לאחת מפאות התיבה מחובר קפיץ בעל קבוע k. לצורך הניסוי משתמש התלמיד בסרגל המונח מתחת לקפיץ ובגלילים קטנים בעלי מסה m כל אחד.



התלמיד מושך את התיבה הריקה באמצעות הקפיץ עד שהיא על סף תנועה, ומודד את התארכות הקפיץ Δx. לאחר מכן הוא מכניס גליל לתוך התיבה, מותח את הקפיץ עד שהמערכת על סף תנועה, ושוב מודד את התארכות הקפיץ. כך חוזר התלמיד על הניסוי, כאשר כל פעם הוא מוסיף גליל לתוך התיבה.

תוצאות הניסוי מוצגות בטבלה הבאה:

מספר הגלילים בתיבה n	0	1	2	3	4	5	6	7
התארכות הקפיץ $\Delta x\,[cm]$	6.5	9.5	11	12.5	13.5	15.5	16	18

א. היעזר בטבלה וסרטט גרף של מידת התארכות הקפיץ Δx כפונקציה של מספר הגלילים שהוכנסו לתיבה. העבר את הישר המדוייק ביותר שניתן בין המדידות שהתקבלו.

ב. מצא את שיפוע הגרף והסבר את משמעותו הפיזיקלית.

ג. התעלם מהגרף שסרטטת ופתח קשר תיאורטי של התארכות הקפיץ Δx כפונקציה של מספר הגלילים שהוכנסו לתיבה.

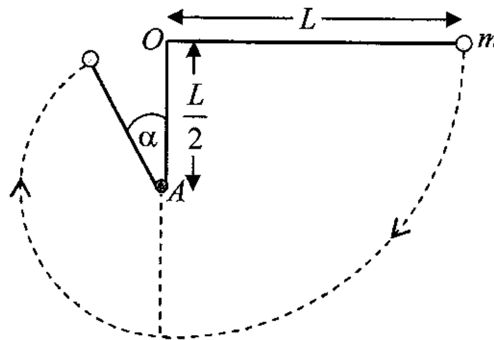
נתון: קבוע הקפיץ $k = 20_{\frac{N}{m}}$. מסת כל גליל $m = 60_{gram}$.

ד. מצא את מקדם החיכוך הסטטי μ בין התיבה למשטח, ואת מסת התיבה הריקה.

ה. חשב את גודלו של כוח החיכוך המופעל על התיבה <u>הריקה</u> כאשר $\Delta x = 5_{cm}$.

שאלה 3

כדור קטן שמסתו m קשור לקצה חוט שאורכו L. קצהו השני של החוט קבוע בנקודה O. הכדור משוחרר ממצב שבו החוט אופקי וישר. כאשר החוט מגיע למצב אנכי, הוא נתקל במסמר בנקודה A, שנמצאת במרחק $\frac{L}{2}$ מתחת לנקודה O (ראה תרשים). המסמר ניצב למישור התנועה של החוט.



א. מהו הגודל של מהירות הכדור, כאשר החוט יוצר זווית α עם OA (ראה תרשים)? בטא את תשובתך באמצעות L ו-α.

ב. הראה כי ברגע שהמתיחות בחוט מתאפסת, מתקיים: $\cos\alpha = \frac{2}{3}$.

ג. מה תהיה צורת המסלול של הכדור כל עוד המתיחות בחוט היא אפס (קו ישר, מעגל, פרבולה, אחר)? נמק.

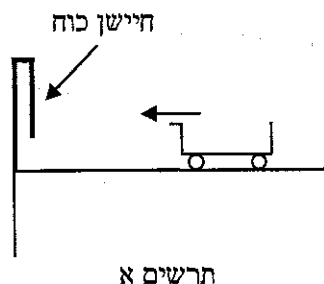
ד.(רשות) פתח ביטוי למתיחות החוט כפונקציה של $\cos\alpha$, מיד לאחר רגע ההתקלות של החוט במסמר.

ה.(רשות) שרטט גרף של מתיחות החוט כפונקציה של $\cos\alpha$, מיד לאחר רגע ההתקלות של החוט במסמר. סמן בגרף את מתיחות החוט מיד לאחר שהחוט נתקל במסמר.

ו.(רשות) הסבר את משמעות נקודות החיתוך של הגרף עם הצירים.

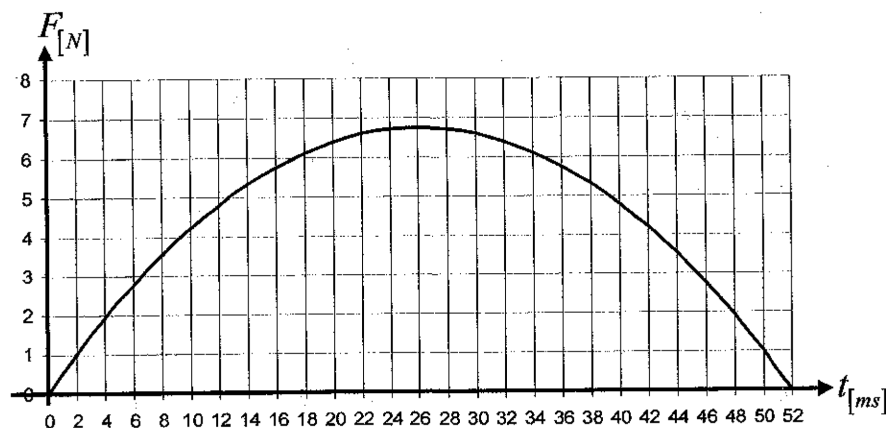
שאלה 4

כדי לבחון את החוק הקובע כי "המתקף הכולל הפועל על גוף שווה לשינוי בתנע של הגוף", ביצע תלמיד ניסוי. הוא דחף קרונית שמסתה 0.5_{kg} (הדחיפה ארכה זמן קצר), וזו נעה על שולחן (ראה תרשים א).



תרשים א

החיכוך בין הקרונית לשולחן קטן. הקרונית התנגשה בחיישן כוח שהיה מוצמד לקצה השולחן. לאחר ההתנגשות נעה הקרונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה לפני ההתנגשות. במהלך ההתנגשות של הקרונית בחיישן מדד החיישן, במרווחי זמן קצרים מאוד, את הכוח שהקרונית הפעילה עליו. ערכי הכוח (בניוטון) כפונקציה של הזמן (באלפיות שנייה- *ms*) הוזנו למחשב, ובעזרת תוכנה מתאימה סורטט גרף המתאר את גודל הכוח שהחיישן מודד, כפונקציה של הזמן במהלך ההתנגשות (ראה תרשים ב).



תרשים ב

התלמיד ספר, במידת הדיוק שהגרף מאפשר, 115 משבצות בין העקומה לבין ציר הזמן.

זמן קצר לפני ההתנגשות מדד התלמיד ומצא שהקרונית עברה מרחק של 2_{cm} במשך 0.08_{sec}, וזמן קצר לאחר תום ההתנגשות, בעת תנועתה בכיוון המנוגד לכיוון התנועה לפני ההתנגשות, מצא התלמיד שהיא עברה מרחק של 2_{cm} במשך 0.1_{sec}

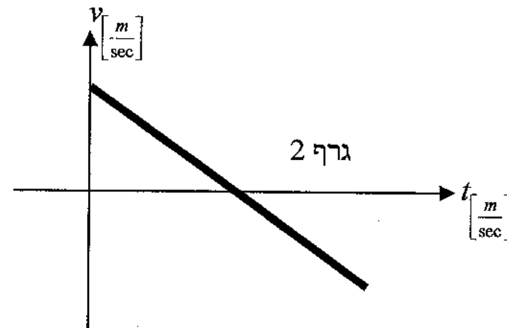
קבע את הכיוון <u>ימינה</u>, להיות הכיוון החיובי בתרגיל זה.

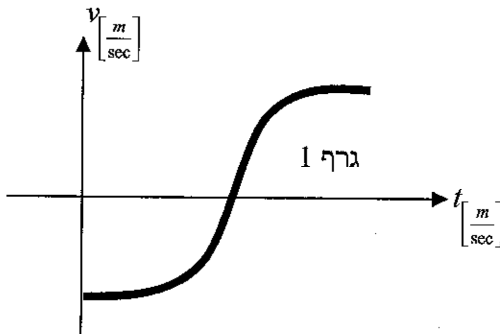
א. מצא, על סמך תרשים ב, את המתקף שהחיישן הפעיל על הקרונית במהלך ההתנגשות.

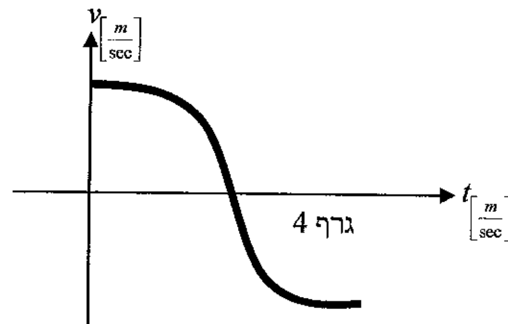
ב. בלי להסתמך על תרשים ב, חשב את השינוי בתנע של הקרונית בעקבות ההתנגשות.

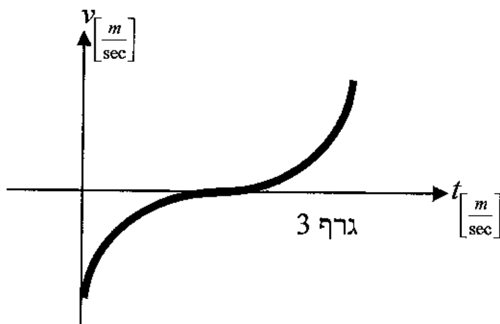
ג. ציין שני גורמים אפשריים לאי-דיוק בערכים שהתקבלו בניסוי זה (המתקף הכולל והשינוי בתנע של הקרונית).

ד. לפניך ארבעה גרפים המייצגים את מהירות הקרונית כפונקציה של הזמן, מהרגע בו היא התנגשה בחיישן, ועד הרגע שהיא התנתקה ממנו.









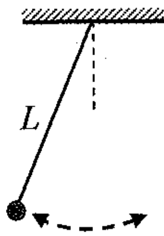
מי מהגרפים הוא הגרף המתאים ? נמק !

ה. מה מייצג השטח בין הגרף שבחרת, לבין ציר הזמן ?

ו. במהלך התנגשות הקרונית בחיישן התאפסה מהירות הקרונית. תלמיד קבע שזה סותר את חוק שימור האנרגיה. הוא טען שלפני ההתנגשות הייתה לקרונית אנרגיה קינטית, וגם אחרי ההתנגשות הייתה לקרונית אנרגיה קינטית, אך במהלך ההתנגשות היה רגע בו לא היה לה אנרגיה קינטית. כיצד ייתכן שהאנרגיה הקינטית נעלמה ושוב פעם הופיעה ?

שאלה 5 (הרמונית)

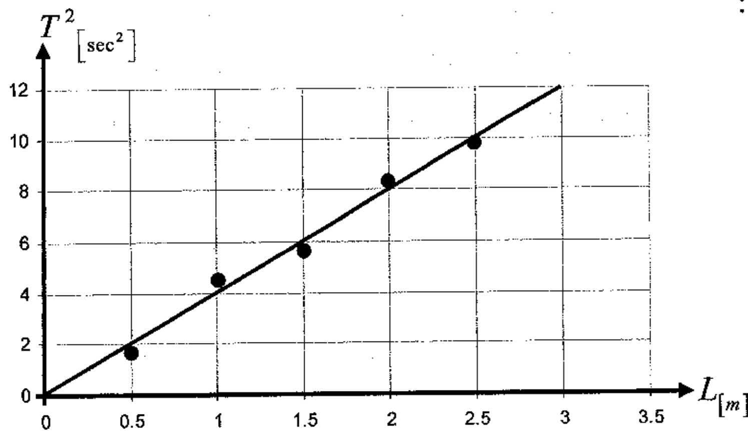
תלמיד רצה לערוך ניסוי למציאת תאוצת הנפילה החופשית. לשם כך הוא בנה מטוטלת המורכבת מחוט שאורכו $L = 1_m$, הקשור בקצהו האחד לתקרה, ולקצהו השני מחוברת משקולת.



א. התלמיד הסיט את החוט בזווית קטנה, שחרר, ומדד את הזמן שלקח למשקולת להשלים מחזור שלם. התוצאה שקיבל הייתה $T = 2.2_{sec}$. מצא את תאוצת הנפילה החופשית לפי התוצאה שקיבל התלמיד.

ב. התלמיד ראה שהתוצאה לא מספיק מדוייקת, ולכן החליט למדוד את הזמן שלקח למשקולת להשלים 20 מחזורים. התוצאה שקיבל הייתה $t = 41.5_{sec}$. מצא את תאוצת הנפילה החופשית לפי התוצאה החדשה שקיבל התלמיד.

התלמיד עדיין לא היה שבע רצון מהתוצאה, ולכן החליט לשכלל את הניסוי. הוא לקח חוט באורך אחר, הסיט שוב בזווית קטנה, ומדד שוב 20 מחזורי תנודות. כך חזר התלמיד על אותו ניסוי עבור 5 אורכים שונים. התלמיד חישב את זמן המחזור המתאים לכל אורך חוט, והכין גרף של זמן המחזור בחזקה ריבועית כפונקציה של אורך החוט. התקבל הגרף הבא :



ג. מדוע התקבל גרף לינארי ?

ד. מצא את תאוצת הנפילה החופשית באמצעות <u>שיפוע הגרף</u>.

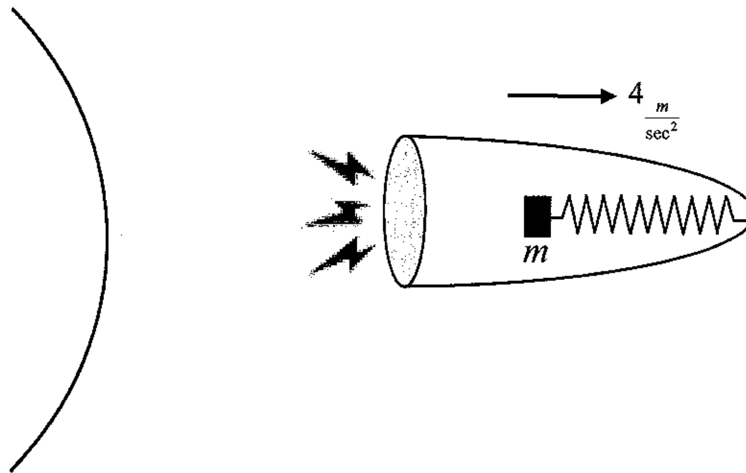
ה. הסבר מדוע התוצאה שהתקבלה מהגרף, יותר מדוייקת מהתוצאה שנמדדה בסעיף ב.

ו. מדוע היה חשוב לשמור לכל אורך הניסוי על כך שהחוט יוסט בזווית קטנה ?

שאלה 6 (כבידה)

טיל שוגר מפני הקרקע של הירח ממנוחה בכיוון אנכי. הטיל עלה בתאוצה קבועה של $a = 4\,\frac{m}{sec^2}$.

כעבור $6\frac{1}{4}$ דקות מרגע השיגור, אזל הדלק במיכלי הטיל.



א. באיזה גובה מעל פני הירח אזל הדלק ?

ב. מהי תאוצת הנפילה החופשית בגובה שבו אזל הדלק במיכלי הטיל ?

ג. לאיזה גובה מקסימלי מעל פני הירח עלה הטיל ?

ד. לקצהו של מד-כוח (דינמומטר) התלוי בתוך הטיל, מחובר גוף שמסתו $m = 3_{kg}$ (ראה תרשים).

מה תהיה הוראת מד-הכוח :

1. רגע לפני שאזל הדלק.

2. רגע אחרי שאזל הדלק.

ה. באיזו מהירות יתרסק הטיל, כשיפגע בקרקע של הירח ?

פתרון סופי

מבחן מספר 12

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. מהירות הזריקה היא $v = 24_{\frac{m}{sec}}$ בכיוון האופקי (שמאלה).

ב. גודל מהירות הגוף ברגע הפגיעה בקרקע הוא $v = 40_{\frac{m}{sec}}$, בזווית $\alpha = 53.13°$ מתחת לציר האופקי.

ג. הגוף פגע בקרקע ברגע $t = 3.2_{sec}$.

ד. $x = 76.8_m$

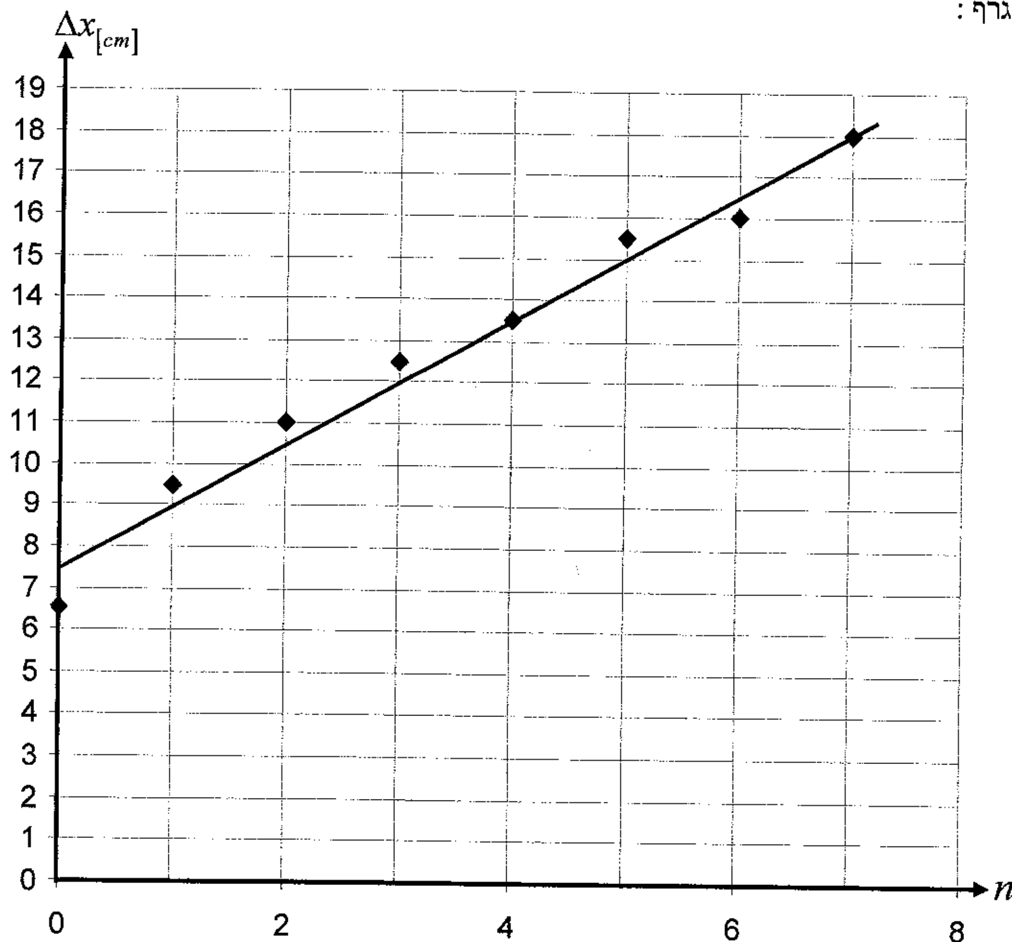
ה. גובה הבניין הוא $y = 51.2_m$.

ו. $t = 1.8_{sec}$

ז. $S = 95.5_m$ השטח מייצג את אורך המסלול העקום לאורכו נע הגוף עד רגע פגיעתו בקרקע.

פתרון שאלה 2

א. הגרף:



ב. השיפוע: 1.5_{cm}

השיפוע מייצג את התוספת במידת ההתארכות של הקפיץ עבור כל גליל שמכניסים לתיבה.

ג. $\Delta x = \frac{\mu mg}{k} \cdot n + \frac{\mu Mg}{k}$

ד. מקדם החיכוך הסטטי בין המשטח לתיבה הוא $\mu = 0.5$, ומסת התיבה הריקה היא $M = 300_{gram}$.

ה. הכוח המושך אינו מתגבר על החיכוך הסטטי המקסימלי, ולכן כוח החיכוך יתאים את עצמו לכוח המושך ויהיה $f_S = 1_N$.

פתרון שאלה 3

א. $v = \sqrt{gL(1-\cos\alpha)}$

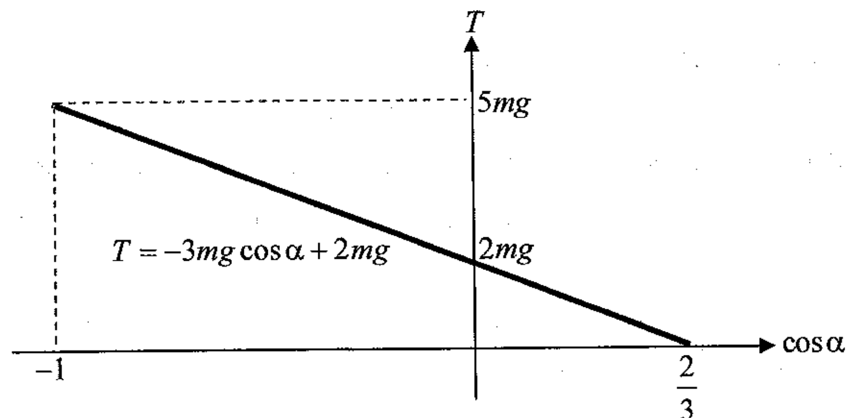
ב. $\cos\alpha = \frac{2}{3}$

ג. צורת המסלול של הכדור תהיה <u>פרבולה</u>.

נימוק: כל עוד המתיחות בחוט היא אפס, הכדור נע בהשפעת כוח הכובד בלבד. לכדור יש מהירות אופקית ומהירות אנכית, כאשר בציר האנכי הכדור נע בתאוצה g, ובציר האופקי הוא נע במהירות קבועה, בדומה לזריקה בליסטית.

ד. $T = -3mg\cos\alpha + 2mg$

ה.



ו. נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האנכי היא $T = 2mg$, והיא מייצגת את מתיחות החוט כאשר $\cos\alpha = 0$, כלומר כאשר $\alpha = 90^\circ$, והחוט במצב מאוזן.

נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי היא $\cos\alpha = \frac{2}{3}$, והיא מייצגת את הנקודה בה מתיחות החוט מתאפסת.

פתרון שאלה 4

א. $J = 0.23_{N \cdot s}$

ב. $\Delta p = 0.225_{\frac{kg \cdot m}{sec}}$

ג. היינו אמורים לקבל $J = \Delta p$. נציין שני גורמים אפשריים לאי דיוק בערכים שהתקבלו:

- חיכוך בין העגלה למשטח (כולל במהלך ההתנגשות עם החיישן).
- ספירה לא מדוייקת של מספר המשבצות מתחת הגרף של הכוח כפונקציה של הזמן.

ד. הגרף המתאים הוא גרף 1.

נימוק: הכיוון ימינה הוא הכיוון החיובי הנבחר. לפני ההתנגשות, הקרונית נעה שמאלה, כלומר נגד הכיוון הנבחר, לכן מהירותה שלילית. בעת ההתנגשות, ישנו רגע שבו מהירות הקרונית מתאפסת, ולאחר ההתנגשות, הקרונית נעה ימינה, עם הכיוון הנבחר, לכן מהירותה חיובית. מכאן שהגרפים המתאימים הם גרף 1 או גרף 3.

תאוצת הקרונית מיוצגת ע"י שיפוע הגרף $v(t)$, לכן נבחן את תאוצת הקרונית:

ברגע ההתחלתי, הקרונית נעה במהירות קבועה ותאוצתה היא אפס. בהתקרב הקרונית לחיישן, הכוח שהקרונית מפעילה על החיישן הולך וגדל, ותאוצת הקרונית הולכת וגדלה בכיוון החיובי, עד שמגיעה לגודלה המקסימלי, כאשר הכוח המופעל עליה הוא מקסימלי. לאחר מכן, הכוח שמפעילה הקרונית על החיישן הולך וקטן, וכן תאוצת הקרונית, עד שהיא מתאפסת.

לכן, שיפוע הגרף צריך להיות בהתחלה 0, אח"כ להיות יותר ויותר תלול, ולבסוף שוב לקטון ולחזור ולהתאפס.

גרף 1 וגם גרף 3 הם בעלי שיפועים חיוביים, וזה דווקא תואם את העובדה שתאוצת הקרונית היא חיובית כל הזמן, כי הכוח הפועל עליה הוא בכיוון החיובי.

בגרף 1 שיפוע הגרף מתחיל מ 0, נעשה יותר ויותר תלול, אח"כ שוב מתמתן וחוזר חזרה ל 0.

בגרף 3 שיפוע הגרף הוא תלול בהתחלה, אח"כ מתמתן ומתאפס, ואז שוב נהיה תלול יותר.

לכן, הגרף המתאים הוא גרף 1.

ה. השטח בין הגרף שבחרנו, לבין ציר הזמן, מייצג את ההעתק שעברה הקרונית מהרגע בו היא התנגשה בחיישן, ועד הרגע שהיא התנתקה ממנו. השטח השלילי מייצג את ההעתק בו "נמעך" החיישן, והשטח החיובי מייצג את ההעתק שלאורכו השתחררה הקרונית מהחיישן. כמובן שהשטחים שווים בערכם המוחלט, כי ההעתק בו נמעך החיישן ע"י הקרונית, שווה להעתק שהוא חזר למצבו הטבעי, כשהקרונית השתחררה ממנו.

ו. על-פי חוק שימור האנרגיה, סך כל האנרגיה במערכת נשמר. במהלך ההתנגשות, הקרונית הפעילה עבודה על החיישן, והאנרגיה הקינטית שהייתה לקרונית, הומרה לאנרגיה שנוספה לחיישן. הקרונית אומנם "איבדה" את האנרגיה, אך האנרגיה של המערכת, הכוללת בתוכה את הקרונית ואת החיישן, נשמרה בצורה של אנרגיה אלסטית שהועברה לחיישן. לאחר ההתנגשות, האנרגיה האלסטית שהייתה אצורה בחיישן, הומרה חזרה לאנרגיה קינטית של הקרונית, כתוצאה מהעבודה שהפעיל החיישן על הקרונית במהלך ההתנגשות.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. $g = 8.16 \frac{m}{\sec^2}$

ב. $g = 9.17 \frac{m}{\sec^2}$

ג. $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} \cdot L$

קיבלנו ביטוי המתאים לקשר לינארי $y = ax + b$. הציר האנכי הוא T^2, והציר האופקי הוא L.

ד. $g = 9.87 \frac{m}{\sec^2}$

ה. התוצאה שהתקבלה בסעיף ד, ממזערת את השגיאה בצורה הטובה ביותר. הגרף הלינארי יוצר ממוצע של כל המדידות, ובכך ממזער עוד יותר את הסטיות שבכל מדידה.

ו. הנוסחה $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ נכונה, כל עוד זוויות ההסטה של החוט מהאנך הן קטנות, ואז התנועה המחזורית מתאימה לחוקי התנועה ההרמונית.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $h = 281{,}250_m$

ב. $g^* = 1.2 \frac{m}{\sec^2}$

ג. $H = 2.03 \cdot 10^6{}_m$

ד. 1. $F = 15.6_N$

2. $F = 0$

ה. $v = 1{,}742 \frac{m}{\sec}$

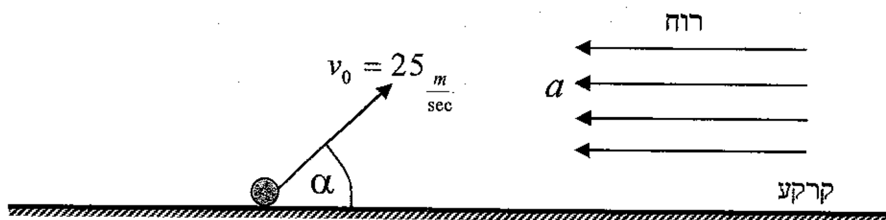
מבחן מספר 13

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

כדור נזרק במהירות $v_0 = 25\frac{m}{sec}$ מגובה הקרקע, בזווית $\alpha = 53.13°$ מעל האופק. באזור בו נמצא הכדור קיים משב רוח אופקי, הגורם לו לתאוצה אופקית a שמאלה (ראה תרשים).

נבחר את הכיוון ימינה להיות הכיוון החיובי בציר האופקי. (a הוא שלילי !)

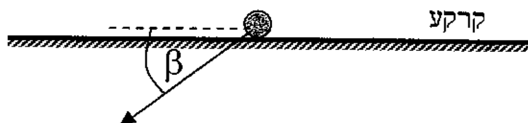


א. תוך כמה זמן יחזור הכדור חזרה לקרקע ?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו יגיע הכדור ?

ג. מהו תחום הערכים האפשרי לתאוצה a, שיגרמו לכדור לנחות על הקרקע מימין לנקודת הזריקה ? (הנח שהתאוצה a היא רק בכיוון שמאלה).

ד. ידוע שהכדור פוגע בקרקע בזווית $\beta = 26.565°$ מתחת הציר האופקי השלילי (ראה תרשים). מצא את התאוצה האופקית a של הכדור.



במקרה אחר, בו התאוצה a אינה ידועה, משנים את זווית הזריקה של הכדור ואת מהירות הזריקה שלו. ידוע שהכדור חוזר חזרה לנקודה ממנו הוא נזרק. נסמן את הזמן שהכדור שהה באוויר ב- t.

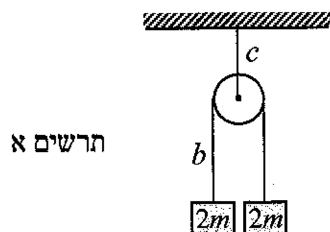
ה. מהו ההעתק האנכי שעשה הכדור במשך הזמן t, ומהו ההעתק האופקי שעשה הכדור במשך זמן זה ?

ו.(רשות) הוכח שהקשר בין התאוצה האופקית a של הכדור, לזווית α שבו הוא נזרק, הוא $tg\alpha = -\frac{g}{a}$.

(רמז : בטא את t תוך התיחסות לציר האנכי, באמצעות v_0, α, g. אח"כ בטא את t תוך התיחסות לציר האופקי, באמצעות v_0, α, a, והשווה בין הביטויים שקיבלת).

שאלה 2

שני גופים, שמסתו של כל אחד מהם היא $2m$, קשורים זה לזה באמצעות חוט b הכרוך סביב גלגלת. הגלגלת קשורה באמצעות חוט c אל התקרה (ראה תרשים א).

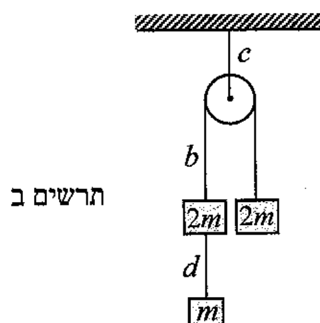


תרשים א

א. בטא באמצעות נתוני השאלה את מתיחות החוט b.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את מתיחות החוט c.

תולים על הגוף השמאלי גוף נוסף, שמסתו m, באמצעות חוט d (ראה תרשים ב).

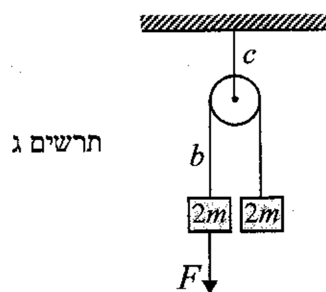


תרשים ב

ג. מצא את התאוצה a של הגוף שמסתו m, והראה שהיא קטנה מתאוצת הנפילה החופשית g.

ד. האם במצב זה מתיחות החוט c תהיה גדולה\קטנה\שווה, מזו שהייתה לפני שתלו את המסה m ?

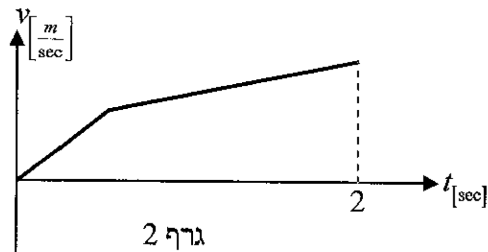
במקרה אחר, מושכים את הגוף השמאלי בכוח F כלפי מטה (ראה תרשים ג).

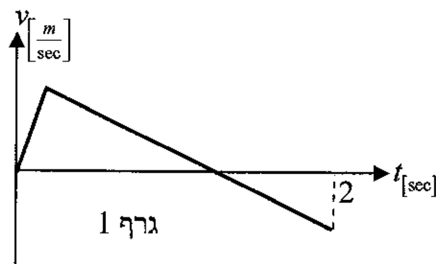


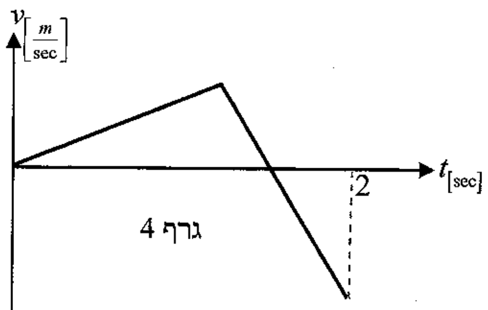
תרשים ג

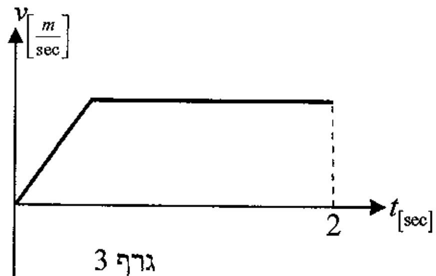
ה. מה צריך להיות גודל הכוח F, כדי שתאוצת המערכת תהיה זהה לזו שמצאת, כשהמסה m הייתה תלוייה ? האם הכוח F שמצאת, קטן\גדול\שווה למשקל המסה m ?

ו. ברגע $t=0$ מפעילים את הכוח F שמצאת בסעיף ה, כשהמערכת הייתה במנוחה.
נתונים 4 גרפים אפשריים, היכולים לתאר את מהירות המסה השמאלית כפונקציה של הזמן, עד רגע $t=2_{sec}$.







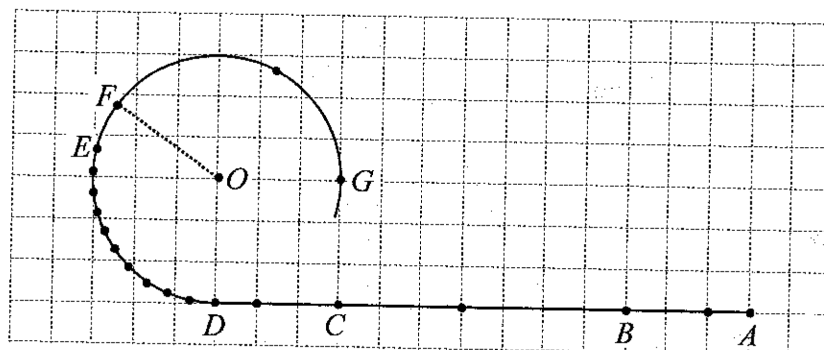


בחר את הגרף המתאים, אם ידוע שבשלב כלשהו במהלך 2 השניות הראשונות של התנועה, הכוח F מפסיק לפעול.

ז.(רשות) מצא את הרגע בו הפסיק הכוח F לפעול, אם ידוע שסך ההעתק שעברה המסה השמאלית מרגע $t=0$ עד רגע $t=2_{sec}$ הוא 1.75_m

שאלה 3

התרשים שלפניך מתאר את תנועתו של גוף הנע על מישור אופקי, מהנקודה A עד לנקודה G, כפי שהתקבל על צג של מחשב במעבדה ממוחשבת. קטע המסלול $ABCD$ הוא ישר, וקטע המסלול $DEFG$ הוא קשת של מעגל שמרכזו O. הנקודות מסמנות את מיקום הגוף במרווחי זמן קבועים שגודלם $\Delta t = 0.5_{sec}$.



כל משבצת בתרשים שקולה למרחק של 25 ס"מ במציאות. נסמן את הרגע בו היה הגוף בנקודה A, ב-$t = 0$.

א. שרטט גרף של העתק הגוף כפונקציה של הזמן, מהרגע שהוא היה בנקודה A, עד הרגע בו הוא מגיע לנקודה D.

ב. היעזר בגרף ששרטטת, וקבע במידת הקירוב הטובה ביותר את גודל מהירות הגוף בנקודות B,C.

ג. מהו כיוון התאוצה בכל אחת מהנקודות B,C, ומהו כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף בנקודות אלו ?

ד. חשב במידת הקירוב הטובה ביותר את תאוצת הגוף בנקודות B,C.

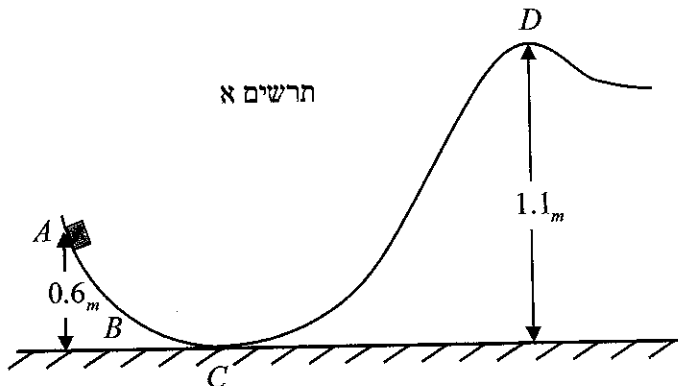
ה. תלמיד עיין בקטע המעגלי של תנועת הגוף, וראה שבין הנקודה D לנקודה E, המרווח בין הנקודות הוא בקירוב טוב זהה. התלמיד הסיק מכך שהגוף נע באזור זה במהירות קבועה, ותאוצתו שם היא 0. האם התלמיד צודק ?

ו. סמן (ללא חישוב מדויק), את כיוון וקטור התאוצה שמרגיש הגוף בנקודה F.

שאלה 4

גוף מחליק בלי חיכוך על גבי מסילה $ABCD$ (הגוף אינו ניתק מן המסילה במהלך תנועתו).

מהירות הגוף בנקודה A היא $v_A = 2\frac{m}{sec}$. הנקודה A נמצאת בגובה 0.6_m מעל משטח אופקי העובר דרך הנקודה C, והנקודה D נמצאת בגובה 1.1_m מעל המשטח (ראה תרשים א).



א. חשב את גודל מהירות הגוף בנקודה C.

ב. האם הגוף יעבור את הנקודה D ? נמק.

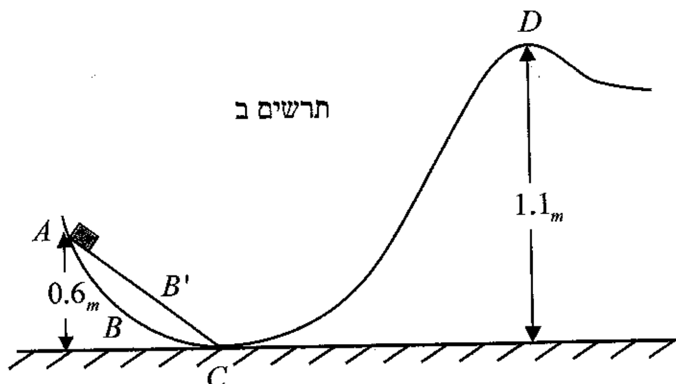
ג. הסבר מדוע תשובתך לסעיף ב תשתנה, אילו המסילה הייתה מונחת על כוכב לכת אחר.

ד.(רשות) מה צריכה להיות תאוצת הכוכב המקסימלית, שתגרום לגוף לעבור את נקודה D ?

ה. מצא את העבודה הנעשית על-ידי כוח הנורמל הפועל על הגוף במהלך תנועתו מ A ל- C. נמק.

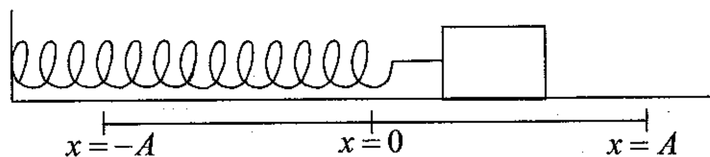
ו. אילו הייתה נושבת רוח אופקית, המפעילה כוח F ימינה על הגוף, אך לא חזק מספיק על מנת לנתק אותו מהמסלול, האם מהירות הגוף בנקודה C הייתה גדולה\קטנה\שווה לזו שחישבת בסעיף א ?

ז. במקרה אחר, הגוף נע מ A ל- C, על פני קטע ישר משופע חסר חיכוך, $AB'C$ (ראה תרשים ב), במקום על הקטע העקום ABC. האם עבודת כוח הכובד על פני הקטע $AB'C$ גדולה מעבודת כוח הכובד לאורך הקטע ABC, קטנה ממנה או שווה לה ? נמק.

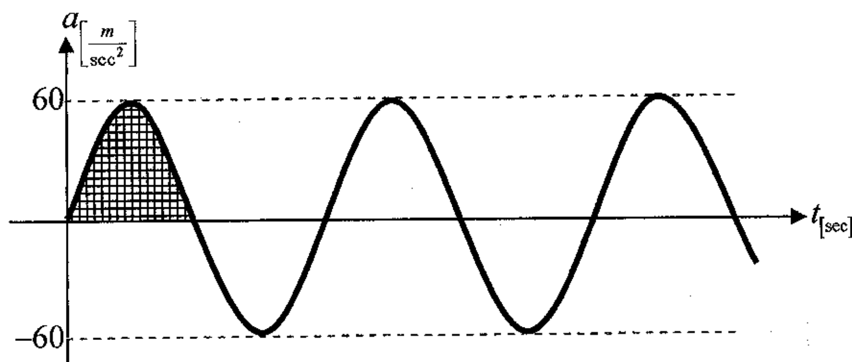


שאלה 5 (הרמונית)

גוף מחובר לקפיץ אופקי. הקפיץ מחובר בקצהו האחר לקיר. הגוף מבצע תנודות הרמוניות שמשרעתן A, כמתואר בתרשים המצורף (הכיוון החיובי מוגדר ימינה).



צילמו את הגוף עם הקפיץ במרווחי זמן קצרים מאוד. כדי לנתח את הממצאים, מדדו בתמונות שהתקבלו את ההתארכות וההתכווצות של הקפיץ בכל רגע ורגע ביחס למצבו הרפוי. הכניסו את הנתונים לתוכנת מחשב, ביחד עם מסת הגוף וקבוע הקפיץ, והפיקו את הגרף הבא, המתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של הזמן:



בעזרת תוכנת מחשב, ניתן היה לחלק את השטח המסומן בגרף לריבועים קטנים. מימדי ריבוע אחד הם:

$3\ \frac{m}{sec^2}$

0.02_{sec}

בסך הכל נספרו 200 משבצות.

א. כיצד הצליחו להמיר את נתוני ההתארכות וההתכווצות של הקפיץ כפונקציה של הזמן, לגרף של תאוצת הגוף כפונקציה של הזמן?

ב. היכן היה הגוף ברגע $t=0$, ומה היה כיוון תנועתו?

ג. מה מייצג השטח המסומן בגרף?

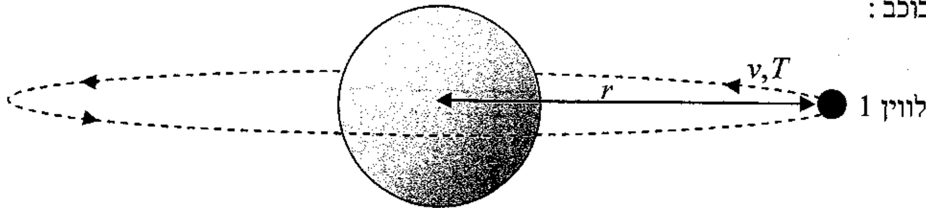
ד. מצא את משרעת התנודה.

ה. מצא את זמן המחזור של התנודה.

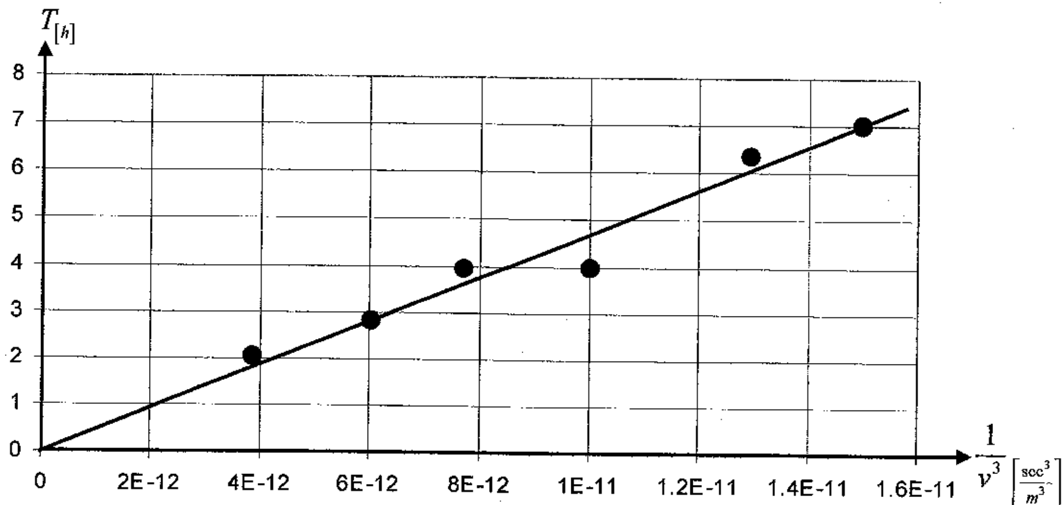
ו. היכן נמצא הגוף כשתאוצתו $a=48\ \frac{m}{sec^2}$ בכיוון שמאל, ומהו גודל מהירותו שם? האם ניתן לדעת את כיוון המהירות?

שאלה 6 (כבידה)

חוקרי חלל שלחו 6 לווינים שיחוגו סביב כוכב לא מוכר. כל לווין חג מסביב לכוכב ברדיוס אחר. לכל לווין הייתה המהירות המשיקית וזמן המחזור המתאימים לתנועתו הסיבובית. בציור המצורף מתואר אחד הלווינים שמקיפים את הכוכב :



שמו את הנתונים של ששת הלווינים על מערכת צירים, ויצרו את הגרף הבא, המתאר את זמן המחזור של כל לווין, כפונקציה של אחד חלקי מהירותו בחזקה שלישית (הנקודות המסומנות בשחור בגרף, הן המדידות עצמן).



(הסימון $2E-12$ מייצג $2\cdot10^{-12}$)

א. פתח נוסחה המקשרת בין זמן המחזור T של כל לווין, לבין מהירותו v. דאג ששאר הפרמטרים שבנוסחה יהיו <u>קבועים</u>!

ב. הסבר מדוע הגרף לינארי, ועובר בראשית הצירים.

ג. היעזר בשיפוע הגרף, ומצא את מסת הכוכב. (שים לב ליחידות!)

ד. אחת המדידות מתאימה לקריאה $\left(T=4_h \qquad \frac{1}{v^3}=1\cdot10^{-11}\,\frac{sec^3}{m^3}\right)$. מדוע אסור להשתמש בה ?

ה. מדוע יצרו גרף של T כפונקציה של $\frac{1}{v^3}$, ולא הסתפקו בגרף של T כפונקציה של v ?

פתרון סופי

מבחן מספר 13

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. $t = 4_{sec}$

ב. $y = 20_m$

ג. $-7.5_{\frac{m}{sec^2}} < a < 0$

ד. $a = -13.75_{\frac{m}{sec^2}}$

ה. ההעתק האנכי שעשה הכדור הוא 0.
ההעתק האופקי שעשה הכדור הוא 0.

ו. $tg\alpha = -\frac{g}{a}$

פתרון שאלה 2

א. $T_b = 2mg$

ב. $T_c = 4mg$

ג. $a = \frac{g}{5}$

ד. המתיחות בחוט c תהיה גדולה מזו שהייתה, לפני שתלו את המסה m.

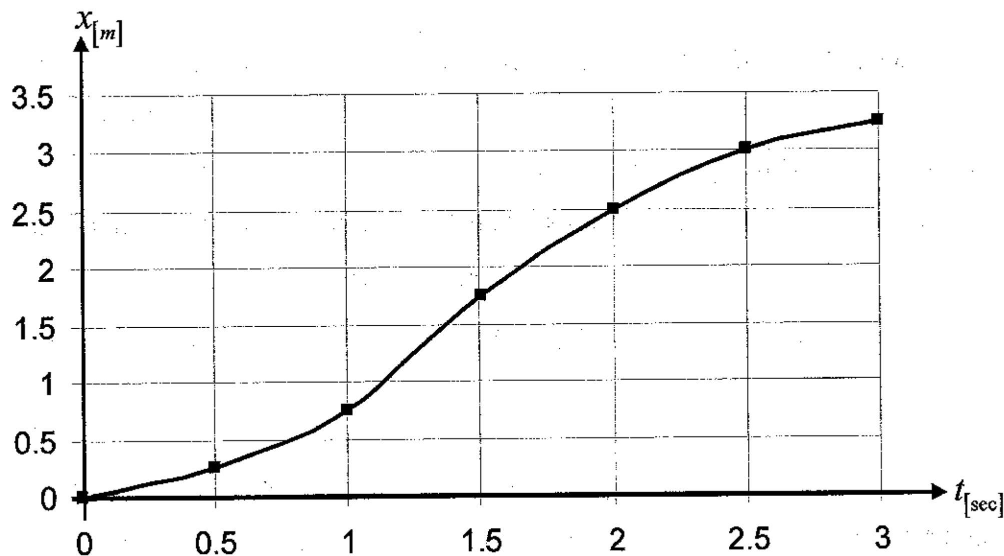
ה. $F = 0.8mg$ גודל הכוח F הדרוש, כדי שתאוצת המערכת תהיה זהה לזו שמצאנו, כשמסה m הייתה תלויה, קטן ממשקל המסה m.

ו. גרף מספר 3.
הסבר : כאשר הכוח F פועל, המערכת מאיצה בכיוון המסה השמאלית, שמגדילה את מהירותה בקצב קבוע (גרף ישר עולה). לאחר שהכוח F מפסיק לפעול, המערכת נמצאת בשיווי-משקל. מכאן שהמסה השמאלית משמרת את מצבה, וממשיכה לנוע באותה מהירות שהייתה לה (גרף ישר אופקי).
הגרף המתאים לתיאור זה הוא גרף מספר 3.

ז. $t = 0.5_{sec}$

פתרון שאלה 3

א.



ב. $v_B = 1.5 \frac{m}{sec}$ $v_C = 1.25 \frac{m}{sec}$

ג. כיוון תאוצת הגוף בנקודה B $(t = 1_{sec})$ הוא ככיוון התנועה- שמאלה.

כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף בנקודה B הוא שמאלה.

כיוון תאוצת הגוף בנקודה C $(t = 2_{sec})$ מנוגד לכיוון התנועה- ימינה.

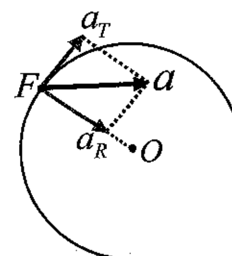
כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף בנקודה C הוא ימינה.

ד. $a_B = 1 \frac{m}{sec^2}$ $a_C = -1 \frac{m}{sec^2}$

ה. לגוף הנע במסלול מעגלי יש תאוצה רדיאלית המכוונת למרכז המעגל, ולכן תאוצת הגוף איננה 0 !

גודל מהירות הגוף אינו משתנה בין הנקודות D ל- E, ולכן רק התאוצה המשיקית שם היא 0.

ו.



פתרון שאלה 4

א. $v_C = 4\ \frac{m}{sec}$

ב. אנרגית הגוף קטנה מהאנרגיה המינימלית הדרושה כדי להגיע לנקודה D, ולכן הגוף לא יעבור את הנקודה D.

ג. כפי שראינו בסעיפים הקודמים, האנרגיה המכנית שיש לגוף כוללת בתוכה אנרגיה פוטנציאלית כובדית, התלויה בין היתר, בתאוצת הכובד g. תאוצת הכובד ייחודית לכל כוכב לכת, ולכן אם g משתנה, גם התשובה לסעיף ב משתנה בהתאם.

ד. תאוצת הכובד המקסימלית שתאפשר לגוף להגיע לנקודה D היא $g^* = 4\ \frac{m}{sec^2}$.

ה. $W_N = 0$

ו. מהירות הגוף בנקודה C תהיה גדולה מזו שחישבנו בסעיף א.

ז. עבודת כוח הכובד על פני הקטע $AB'C$ שווה לעבודתו לאורך המסלול ABC, כי הפרש הגבהים בשני המקרים זהה.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. עבור כל מידת התארכות או התכווצות של הקפיץ, חישבו את הכוח שהפעיל הקפיץ על הגוף באמצעות הנוסחה $F = kx$. לאחר מכן חילקו את הכוח במסת הגוף, לקבלת התאוצה $a = \frac{F}{m}$.

בצורה זו ניתן היה לקבל את תאוצת הגוף בכל רגע ורגע. כשהקפיץ מתוח התאוצה היא שלילית, וכשהקפיץ מכווץ התאוצה היא חיובית.

ב. ברגע $t = 0$ תאוצת הגוף היא 0, ולכן הוא חייב להיות בנש"מ. מיד אח"כ התאוצה חיובית. המסקנה היא שהכוח שמופעל עליו הוא כוח מחזיר ימינה, ולכן הגוף נע שמאלה.

ג. השטח המסומן, הוא סך השינוי במהירות הגוף, מהרגע שהגוף היה בנש"מ ועד שחזר לנש"מ. ברגע $t = 0$ מהירות הגוף היא $-v_{max}$ וכאשר הגוף חוזר לנש"מ מהירותו היא v_{max}. שינוי המהירות הוא $\Delta v = v_{max} - (-v_{max}) = 2v_{max}$, ולכן השטח נותן את פעמיים גודלה של מהירותו המקסימלית.

ד. $A = 0.6_m$

ה. $T = 0.628_{sec}$

ו. $x = 0.48_m$ $|v| = 3.6\ \frac{m}{sec}$

הגוף נמצא מימין לנש"מ, ולכן התאוצה תהיה בכיוון שמאל בכל מצב, ללא קשר לכיוון המהירות. המסקנה היא שלא ניתן לדעת את כיוון המהירות.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $T = \frac{2\pi GM}{v^3}$

ב. הנוסחה המתארת את הגרף היא $T = 2\pi GM \cdot \frac{1}{v^3}$. הגרף לינארי כי הוא מתאים לקשר $y = ax + b$. הציר האנכי הוא T, הציר האופקי הוא $\frac{1}{v^3}$, ושיפוע הגרף הוא $2\pi GM$. (השיפוע קבוע, כי הוא מורכב רק מקבועים). נשים לב שהאיבר החופשי הוא 0, ולכן הגרף עובר בראשית הצירים.

ג. $M = 4 \cdot 10^{24}{}_{kg}$

ד. כשעושים ניסוי יש לעשות ממוצע למדידות. הישר העובר בין הנקודות יוצר ממוצע של המדידות וממזער כמה שניתן את שגיאת הניסוי. הנקודה המתוארת בשאלה אינה נמצאת על הישר, ואם נשתמש בה היא תיתן תוצאה עם שגיאה גבוהה.

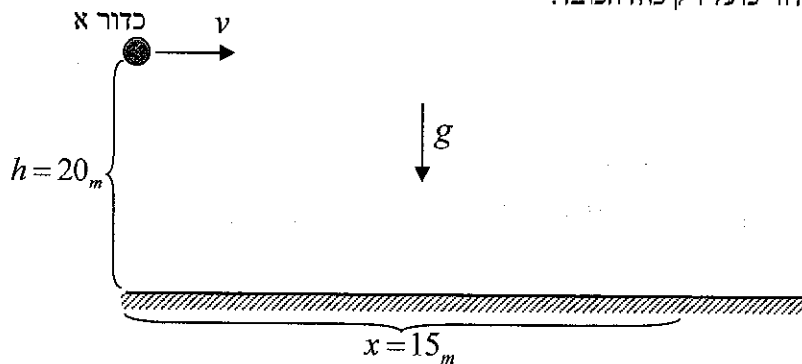
ה. אילו היו עושים גרף של T כפונקציה של v, לא היה מתקבל גרף לינארי, והיה קשה ליצור ממוצע של המדידות, ולמזער את שגיאת הניסוי. היתרון בגרף לינארי, הוא שקל לייצר ממוצע של המדידות ע"י העברת ישר הקרוב לכל הנקודות, ובכך למזער את שגיאת הניסוי, ולייצר תוצאות מדוייקות יותר.

מבחן מספר 14

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

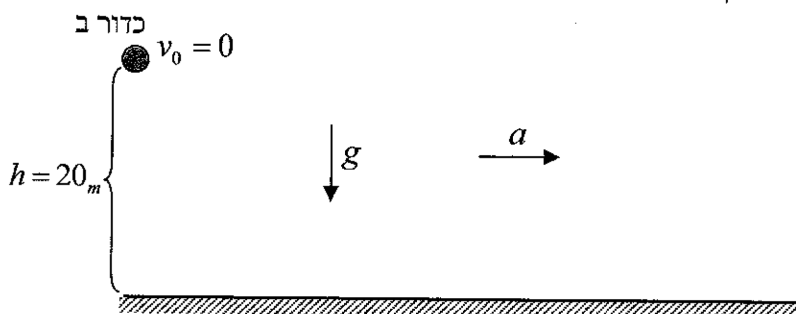
כדור א נזרק אופקית מגובה $h = 20_m$ מעל פני הקרקע, במהירות אופקית v ימינה. הכדור פוגע בקרקע בהעתק אופקי $x = 15_m$. על הכדור פועל רק כוח הכובד.



א. כמה זמן שהה כדור א באוויר ?

ב. מהי מהירות הזריקה של כדור א ?

במקרה אחר, משחררים כדור ב ממנוחה, מאותו הגובה בו שוחרר כדור א. על כדור ב פועל בנוסף לכוח הכובד, גם כוח אופקי, שמעניק לו תאוצה אופקית a ימינה.



ג. כמה זמן שהה כדור ב באוויר ?

ד. ידוע שכדור ב, פוגע בקרקע בדיוק באותה הנקודה בה פגע כדור א. מצא את a .

ה. פתח נוסחה לגובה כדור ב מהקרקע, כפונקציה של ההעתק האופקי שעשה.

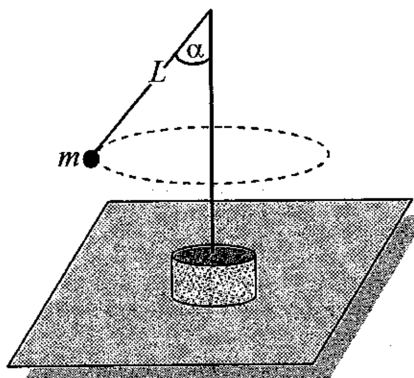
ו. שרטט באותה מערכת צירים גרף המתאר את גובהו של כל כדור מהקרקע, כפונקציה של העתקו האופקי.

ז. הסתמך על הגרפים שציירת, וקבע איזה כדור עבר מסלול קצר יותר במהלך נפילתו.

שאלה 2

תלמיד ערך ניסוי עם מנוע חשמלי בעל ציר אנכי. הוא חיבר לראש הציר חוט שאורכו L, ולקצה החוט קשר כדור קטן בעל מסה m (אורך החוט גדול מאוד ביחס לרדיוס הכדור).

כשהמנוע פועל, הכדור נע בתנועה מעגלית אופקית, כמתואר בתרשים. במהלך הניסוי, התלמיד שינה מספר פעמים את תדירות הסיבוב f של הציר, ועבור כל תדירות מדד את זווית הפריסה α של החוט.



להלן תוצאות המדידה, מוצגות בטבלה:

	1	2	3	4	5	6
$f_{[Hz]}$	0.4	0.43	0.48	0.59	0.68	0.96
$\alpha(°)$	17.5	30	44	61	68	77
$\frac{1}{f^2}\left[\sec^2\right]$						
$\cos\alpha$						

א. סרטט את תרשים הכוחות הפועלים על הכדור, ופתח בעזרתו ביטוי המתאר את הקשר: $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$.

ב. העתק את הטבלה למחברתך, השלם אותה (יש לעגל את תוצאות החישוב עד כדי שתי ספרות אחרי הנקודה העשרונית), וסרטט גרף של $\cos\alpha$ כפונקציה של $\frac{1}{f^2}$.

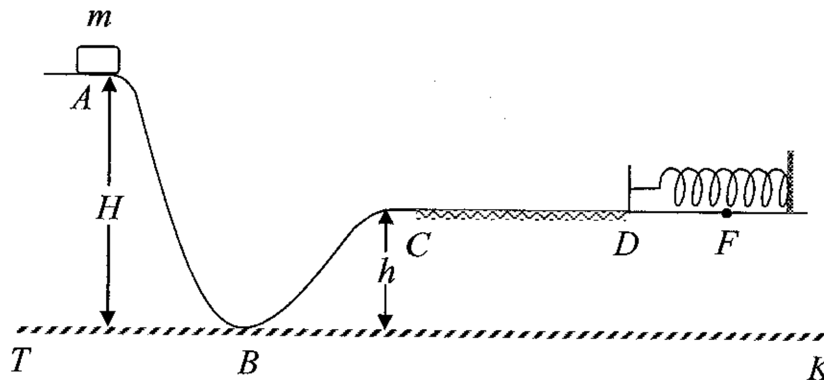
ג. היכן תהיה השגיאה היחסית יותר גדולה - במדידת הזווית $17.5°$, או במדידת הזווית $77°$?

ד. היעזר בגרף, וחשב את אורך החוט L.

ה. קבע על פי הגרף, מהי התדירות המינימלית של סיבוב הציר, שעבורה ינוע הכדור בתנועה מעגלית.

שאלה 3

בתרשים שלפניך מתוארת מסילה המאונכת למישור TK, ועליה גוף קטן שמסתו m. הקטעים ABC ו- DF חלקים, והקטע CD מחוספס ובעל מקדם חיכוך קינטי μ_k. בקצה הקטע CD מונח קפיץ רפוי המחובר אל קיר.



הגוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת בגובה H ביחס למישור הייחוס TK, ונע לאורך המסילה עד הנקודה F. בנקודה F הגוף עוצר עצירה רגעית לאחר שהוא מכווץ את הקפיץ.

א. הטבלה שלפניך מציגה את סוגי האנרגיה השונים של הגוף בכל אחת מהנקודות A, B, C, D, F כשהוא עובר בהן לאורך המסילה. מלא את הטבלה וסמן בכל משבצת "+" אם האנרגיה לא מתאפסת, ו-"0" אם היא מתאפסת. ראה לדוגמא את העמודה של הנקודה A.

הנקודה / האנרגיה	F	D	C	B	A
קינטית					0
פוטנציאלית כובדית יחסית למישור TK					+
פוטנציאלית אלסטית					0

נתון : $CD = 3_m$, $\mu_k = 0.6$, $H = 6_m$, $h = 1_m$, $DF = 20_{cm}$, $m = 2.5_{kg}$

ב. I. חשב את מהירות הגוף בנקודה C בדרכו אל הנקודה F.

II. חשב את מהירות הגוף בנקודה D בדרכו אל הנקודה F.

ג. חשב את קבוע הקפיץ.

ד. אחרי העצירה בנקודה F, הגוף מתחיל לנוע שוב בכיוון ההפוך ומתנתק מהקפיץ. חשב את הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף לאחר שיתנתק מהקפיץ.

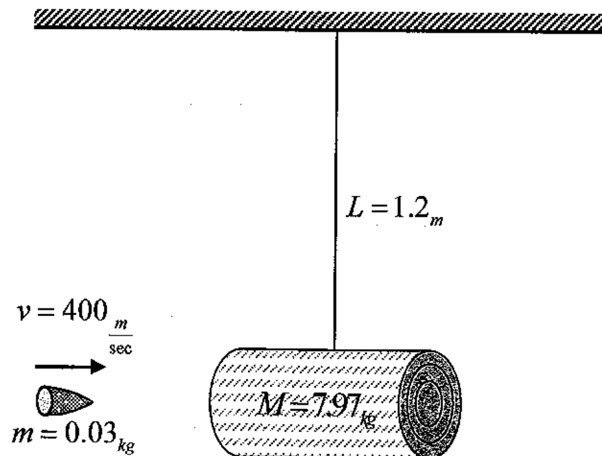
ה. החליפו את הקפיץ בקפיץ אחר באותו אורך, בעל קבוע קפיץ גדול יותר, ושיחררו את הגוף שוב מהנקודה A.

האם הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף לאחר שיתנתק מהקפיץ, יהיה גבוה או נמוך מהגובה שחישבת בסעיף הקודם ? הסבר.

ו.(רשות) מצא את טווח האורכים שהקטע CD יכול לקבל, על מנת שהגוף יעבור קטע זה בדרכו אל F, אך לא יעבור קטע זה בדרכו חזרה לאחר שהוא מתנתק מהקפיץ.

שאלה 4

גוש עץ שמסתו $M = 7.97_{kg}$ תלוי בקצהו של חוט שאורכו $L = 1.2_m$ ומסתו זניחה. קליע שמסתו $m = 0.03_{kg}$ פוגע אופקית בגוש העץ במהירות שגודלה $v = 400\,\frac{m}{sec}$, ונתקע בתוכו.



א. האם האנרגיה המכנית נשמרת בתהליך ההתנגשות ? הסבר.

ב. חשב את הגובה המרבי, אליו מתרומם גוש העץ (עם הקליע בתוכו).

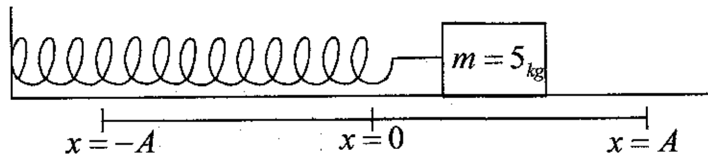
ג. מהי העבודה, שנעשתה על-ידי המתיחות בחוט, במשך עליית גוש העץ עם הקליע עד לגובה המרבי ? נמק.

ד. כשבול העץ נמצא בשיא הגובה, החוט יוצר זווית כלשהי עם האנך. מצא זווית זו.

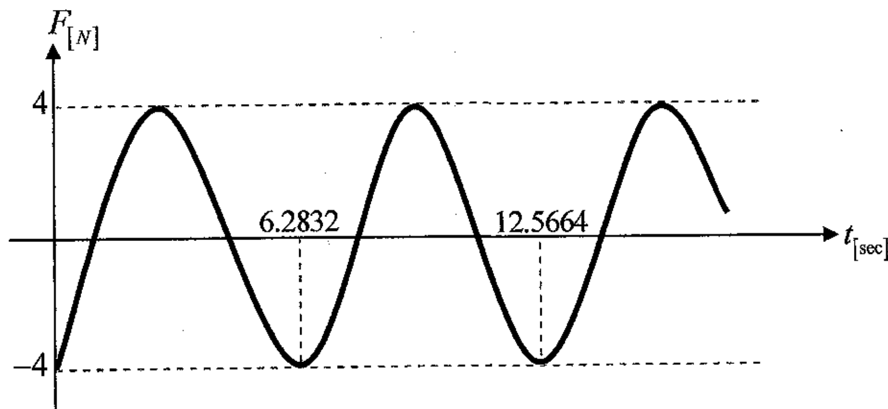
ה. האם בול העץ (עם הקליע בתוכו), נמצא בשיווי משקל כשהוא נעצר בשיא הגובה ? אם כן, נמק ! אם לא, מצא את תאוצתו.

שאלה 5 (הרמונית)

גוף שמסתו $m = 5_{kg}$, מחובר לקפיץ אופקי. הקפיץ מחובר בקצהו האחר לקיר. הגוף מבצע תנודות הרמוניות שמשרעתן A, כמתואר בתרשים המצורף. (הכיוון החיובי הוא ימינה).



הגרף הבא מתאר את הכוח השקול שפעל על הגוף כפונקציה של הזמן :



א. היכן היה הגוף ברגע $t = 0$?

ב. מצא את קבוע הקפיץ, ואת משרעת התנודה A.

ג. מצא את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף והקפיץ.

ד. היעזר בגרף המצורף <u>בלבד</u>, וקבע את כיוון המהירות והתאוצה של הגוף ברגע $t = 8.4975_{\text{sec}}$.

ה. רשום נוסחה למיקום הגוף כפונקציה של הזמן, למהירות הגוף כפונקציה של הזמן, ולתאוצת הגוף כפונקציה של הזמן.

ו. היכן יהיה הגוף ברגע $t = 8.4975_{\text{sec}}$? מה תהיה מהירותו (גודל וכיוון) ? מה תהיה תאוצתו (גודל וכיוון) ?

ז. מצא את האנרגיה האלסטית האגורה בקפיץ, ואת האנרגיה הקינטית של הגוף ברגע $t = 8.4975_{\text{sec}}$. הראה שסך האנרגיה הכוללת שיש לגוף ברגע זה, זהה לאנרגיה הכוללת שחישבת בסעיף ג.

שאלה 6 (כבידה)

א. ציין מהם שלושת חוקי קפלר והסבר בקצרה כל אחד מהם.

ב. בטבלה שלפניך רשומים נתונים על ארבעה ירחים של כוכב לכת דמיוני. הנח שהירחים נעים במסלולים מעגליים.

מספר ירח	רדיוס מסלול $\times 10^5{}_{km}$	זמן מחזור (ימים)
1	4.99	2.23
2	7.45	4.07
3	11.87	8.19
4	19.75	17.56

הראה כי ארבעה ירחים אלה מקיימים את החוק השלישי של קפלר. (שים לב : לא נדרש לשנות יחידות)

ג. רוצים להכניס לווין למסלול סביב כוכב הלכת הדמיוני, שרדיוס מסלולו יהיה $10^6{}_{km}$. חשב מה יהיה זמן המחזור של תנועת לווין זה.

ד. בטא את המסה M של כוכב הלכת הדמיוני באמצעות זמן מחזור T ורדיוס המסלול r של אחד מירחיו (אינך נדרש להציב מספרים).

ה. לוויין נע במסלול מעגלי שרדיוסו $10^6{}_{km}$ סביב כוכב לכת שמסתו קטנה יותר ממסת כוכב הלכת הדמיוני. האם זמן המחזור שלו יהיה גדול מזמן המחזור שחישבת בסעיף ג, קטן ממנו או שווה לו ? הסבר.

פתרון סופי

מבחן מספר 14

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. $t = 2_{\text{sec}}$

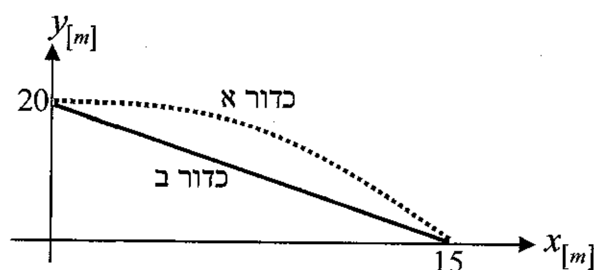
ב. $v = 7.5\ \frac{m}{\text{sec}}$

ג. $t = 2_{\text{sec}}$

ד. $a = 7.5\ \frac{m}{\text{sec}^2}$

ה. $y = 20 - 1\frac{1}{3}x$

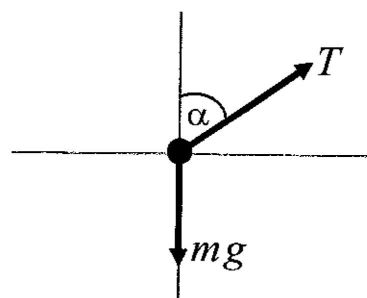
ו.



ז. כדור ב עושה מסלול קצר יותר, כי הוא נע על קו ישר, לעומת כדור א, שנע על מסלול קשתי.

פתרון שאלה 2

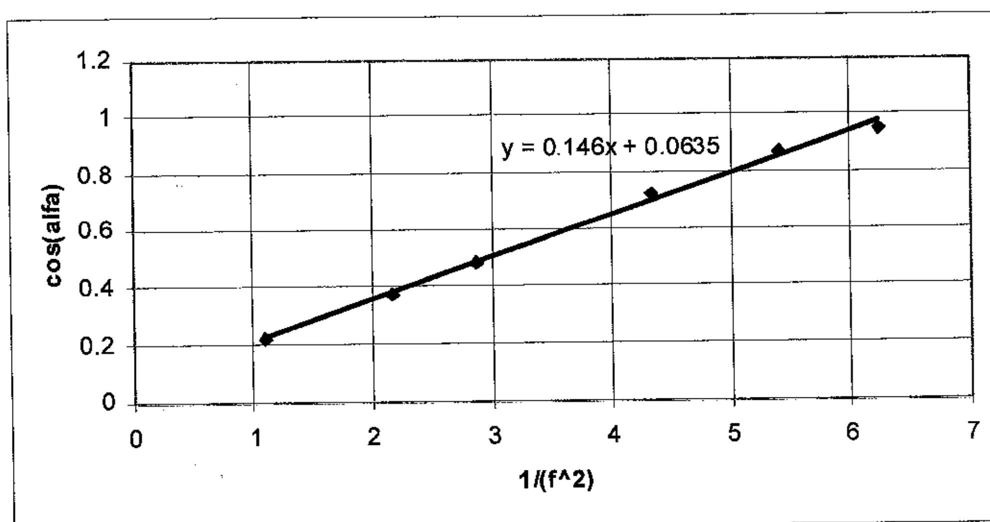
א. $\cos\alpha = \frac{g}{4\pi^2 L} \cdot \frac{1}{f^2}$ קיבלנו משוואה לינארית, בעלת שיפוע $\frac{g}{4\pi^2 L}$



ב. הטבלה :

	1	2	3	4	5	6
$f_{[Hz]}$	0.4	0.43	0.48	0.59	0.68	0.96
$\alpha(°)$	17.5	30	44	61	68	77
$\frac{1}{f^2}\left[\sec^2\right]$	6.25	5.41	4.34	2.87	2.16	1.09
$\cos\alpha$	0.95	0.87	0.72	0.48	0.37	0.22

הגרף :



ג. השגיאה היחסית מוגדרת להיות שגיאת מכשיר המדידה חלקי הערך הנמדד. התלמיד מדד את הזוויות עם מכשיר מדידה בעל שגיאה קבועה. (אם זה מד זווית רגיל, השגיאה היא $\pm1°$). ככל שהתלמיד ימדוד זווית גדולה יותר, כך תקטן השגיאה היחסית. לכן מדידת הזווית $77°$, תתן שגיאה יחסית קטנה יותר ממדידת הזווית $17.5°$

ד. $L = 1.73_m$

ה. התדירות המינימלית של סיבוב הציר, שעבורה ינוע הכדור בתנועה מעגלית היא 0.4_{Hz}
כל תדירות מעל תדירות זו, תגרום לחבל ליצור זווית פריסה מעל 0 מעלות.

פתרון שאלה 3

א.

האנרגיה \ הנקודה	F	D	C	B	A
קינטית	0	+	+	+	0
פוטנציאלית כובדית יחסית למישור TK	+	+	+	0	+
פוטנציאלית אלסטית	+	0	0	0	0

ב. I. $v_c = 10\ _{\frac{m}{\sec}}$

II. $v_D = 8\ _{\frac{m}{\sec}}$

ג. $k = 4{,}000_{\frac{N}{m}}$

ד. 2.4_m

ה. הגוף יגיע לאותו גובה כי האנרגיה האלסטית שתהיה אגורה בקפיץ לא תשתנה.

ו. $4\frac{1}{6}m \le CD \le 8\frac{1}{3}m$

פתרון שאלה 4

א. האנרגיה המכנית <u>לא</u> נשמרת במהלך ההתנגשות.

ב. $h_{\max} = 0.1125_m$

ג. העבודה שנעשתה על-ידי המתיחות בחוט, במשך עליית גוש העץ עם הקליע עד לגובה המרבי, הינה <u>0</u>.

ד. $\alpha = 25^\circ$

ה. כשבול העץ בשיא הגובה, הוא אינו בשיווי משקל.

$a = 4.23\ _{\frac{m}{\sec^2}}$ בציר המשיקי.

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

א. ברגע $t=0$ גודל הכוח שפעל על הגוף הוא מקסימלי, ולכן הוא חייב להיות באחד הקצוות. כיוון הכוח שלילי, ולכן הגוף חייב להיות בקצה החיובי, כי הכוח שפועל שם על הגוף מופנה חזרה לכיוון הנש"מ. הגוף יהיה במיקום $x=A$.

ב. משרעת התנודה היא $A=0.8_m$, וקבוע הקפיץ הוא $k=5_{\frac{N}{m}}$.

ג. $E_{total}=1.6_J$

ד. הכוח היה 0 ברגע $t=7.854_{sec}$, ולכן הגוף היה בנש"מ. הכוח מיד לאחר מכן הוא חיובי, ולכן הגוף נע לכיוון הקצה השלילי (הכוח מנסה להחזיר את הגוף חזרה ימינה לנש"מ).

מהירות הגוף תהיה שלילית (שמאלה), והתאוצה תהיה בכיוון הכוח, כלומר חיובית (ימינה).

ה. הגוף היה ברגע $t=0$ בקצה החיובי, ולכן זווית המופע היא $\phi=0$.

מיקום :	מהירות :	תאוצה :
$x=A\cos(\omega t+\phi)$	$v=-\omega A\sin(\omega t+\phi)$	$a=-\omega^2 A\cos(\omega t+\phi)$
$x=0.8\cos(1\cdot t+0)$	$v=-1\cdot 0.8\sin(1\cdot t+0)$	$a=-1^2\cdot 0.8\cos(1\cdot t+0)$
$\boxed{x=0.8\cos t}$	$\boxed{v=-0.8\sin t}$	$\boxed{a=-0.8\cos t}$

ו. הגוף יהיה 48_{cm} משמאל לנש"מ, מהירותו תהיה $0.64_{\frac{m}{sec}}$ בכיוון שמאל, ותאוצתו תהיה $0.48_{\frac{m}{sec^2}}$ בכיוון ימין.

ז. האנרגיה הכוללת מורכבת מאנרגיה קינטית ואנרגיה אלסטית.

$$E_{total}=\frac{kx^2}{2}+\frac{mv^2}{2}=\frac{5\cdot(0.48)^2}{2}+\frac{5\cdot(0.64)^2}{2}1.6_J$$

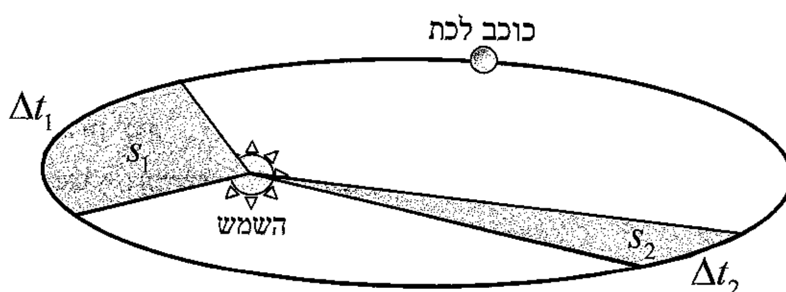
פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. שלושת חוקי קפלר הם :

1. מסלולי כוכבי הלכת הינם אליפסות שהשמש נמצאת באחד מהמוקדים שלהן.



2. חוק השטחים השווים : הקו שמחבר את כוכב הלכת עם השמש מכסה שטחים שווים במרווחי זמן שווים.



3. יחס זמני ההקפה של שני כוכבי לכת סביב אותו כוכב בחזקה ריבועית, שווה ליחס רדיוסי הסיבוב שלהם בחזקת שלוש.

ב. החוק השלישי של קפלר : $\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

כדי להשוות בין הירחים השונים, נסדר את המשתנים בצורה שונה : $\frac{{R_1}^3}{T_1^2} = \frac{{R_2}^3}{{T_2}^2} = k$

עבור כל ירח, נחשב את ערך הביטוי $k = \frac{{R_1}^3}{T_1^2}$

ירח 1: $k=\frac{\left(4.99\cdot10^{5}\right)^{3}}{2.23^{2}}=24.99\cdot10^{15}\,_{\frac{km^3}{days}}$

ירח 2: $k=\frac{\left(7.45\cdot10^{5}\right)^{3}}{4.07^{2}}=24.96\cdot10^{15}\,_{\frac{km^3}{days}}$

ירח 3: $k=\frac{\left(11.87\cdot10^{5}\right)^{3}}{8.19^{2}}=24.93\cdot10^{15}\,_{\frac{km^3}{days}}$

ירח 4: $k=\frac{\left(19.75\cdot10^{5}\right)^{3}}{17.56^{2}}=24.98\cdot10^{15}\,_{\frac{km^3}{days}}$

אנו רואים כי ערכי ה- k שווים בקירוב, ומכאן שארבעת הירחים מקיימים את החוק השלישי של קפלר.

ג. $T=6.328_{days}$

ד. $M=\frac{4\pi^2r^3}{GT^2}$

ה. $T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$

אנו רואים כי זמן המחזור של לוויין הוא ביחס הפוך לשורש מסת הכוכב אותו הוא מקיף.

ככל שמסת כוכב הלכת M, קטנה יותר, ערך הביטוי מתחת לשורש גדל, וזמן המחזור גדל.

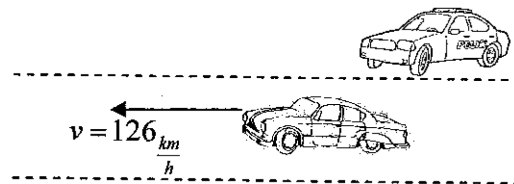
לכן, זמן המחזור של לווין זה יהיה גדול יותר מזמן המחזור שחושב בסעיף ג.

מבחן מספר 15

יש לבחור 3 שאלות מתוך 6

שאלה 1

ניידת משטרה עומדת בשולי הכביש. השוטר בתוכה, מודד בעזרת מכשיר מיוחד את מהירות המכוניות החולפות. ברגע מסויים חולפת מכונית על פני השוטר, ומכשיר המדידה מראה כי היא נעה במהירות קבועה של $v = 126 \frac{km}{h}$.



מהירות זאת הינה מעבר למהירות המותרת בקטע כביש זה, ולכן תוך 2 שניות מהרגע שהמכונית חלפה על פניו, יוצא השוטר למרדף אחריה, כאשר הוא נע בתאוצה קבועה של $a = 4 \frac{m}{\sec^2}$.

$t = 0$ הוא הרגע בו יוצא השוטר למרדף.

א. בטא את מיקומה של המכונית כפונקציה של הזמן, ביחס לציר x שתבחר.

ב. בטא את מיקומה של הניידת כפונקציה של הזמן, ביחס לציר x שתבחר.

מסיבות טכניות, המהירות המירבית של הניידת הינה $v = 180 \frac{km}{h}$. בהגיעתה למהירות זאת, מפסיקה הניידת להאיץ, וממשיכה לנסוע במהירות המירבית שלה.

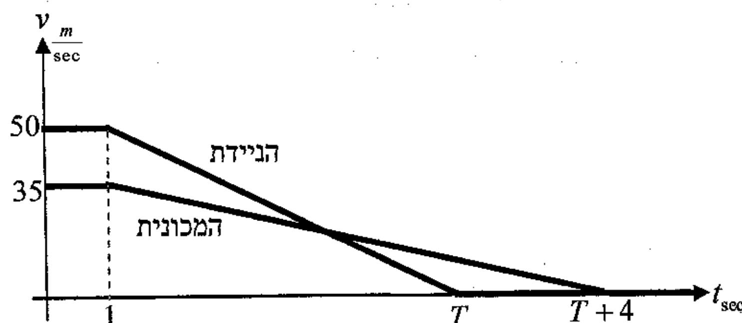
ג. 1. תוך כמה זמן מתחילת המרדף, מגיעה הניידת למהירותה המקסימלית ?

2. הראה כי הניידת לא משיגה את המכונית תוך פרק זמן זה.

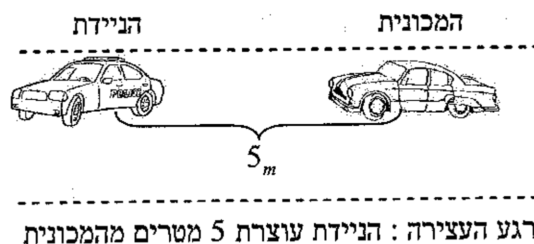
ד. חשב את הזמן שעובר מרגע יציאתו של השוטר למרדף, ועד לרגע שבו הוא משיג את המכונית.

ה. סרטט גרף באותה מערכת צירים, המתאר את מהירות שני הרכבים כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ ועד לרגע שבו הניידת משיגה את המכונית.

ברגע שהניידת חולפת על פני המכונית, מסמן השוטר לנהג המכונית לעצור. הגרף הבא מתאר את מהירות המכוניות כפונקציה של הזמן עד עצירתן, מהרגע שסימן השוטר לנהג המכונית לעצור.



ו. חשב את הזמן שלקח למכונית לעצור מהרגע שהשוטר סימן לה לעצור, אם ידוע שכאשר המכוניות נעצרו, הניידת עקפה את המכונית סה"כ ב-5 מטרים.

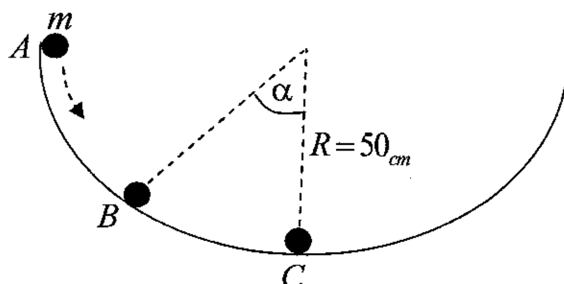


רגע העצירה : הניידת עוצרת 5 מטרים מהמכונית

ז.(רשות) מה היה המרחק המקסימלי בין שני הרכבים, מהרגע שהשוטר סימן למכונית לעצור ?

שאלה 2

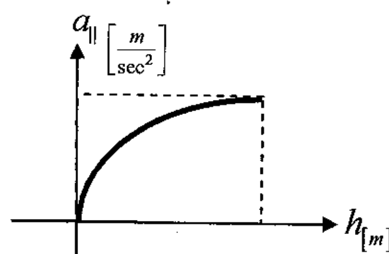
גוף שמסתו m נעזב ממנוחה, מחלקה העליון של קערה, שרדיוסה $R = 50_{cm}$. הנקודה A היא הנקודה ממנה התחיל הגוף את תנועתו, הנקודה B נמצאת בהמשך המסלול, והנקודה C נמצאת בתחתית המסלול (ראה תרשים). הזווית α המסומנת בתרשים, מתאימה לרגע שבו הגוף נמצא בנקודה B, וגודלה $\alpha = 36.87^\circ$.



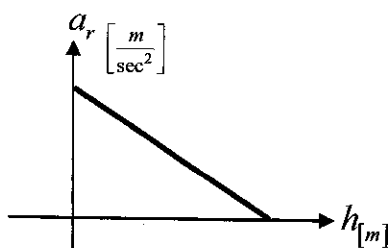
א. באיזו נקודה על המסלול, זהה תאוצת הגוף לתאוצה הרדיאלית שלו ? (אין צורך לחשב את התאוצה).

ב. באיזו נקודה על המסלול, זהה תאוצת הגוף לתאוצה המשיקית שלו ? (אין צורך לחשב את התאוצה).

נסמן את גובה הגוף מתחתית הקערה ב- h . לפניך שני גרפים. הגרף הימני מתאים לגודל התאוצה המשיקית של הגוף כפונקציה של h , והגרף השמאלי מתאים לגודל התאוצה הרדיאלית של הגוף כפונקציה של h .



גודל התאוצה המשיקית של הגוף
כפונקציה של גובהו מתחתית הקערה



גודל התאוצה הרדיאלית של הגוף
כפונקציה של גובהו מתחתית הקערה

ג. סמן בכל גרף את הגובה וגודל התאוצה המתאימים לנקודות A,B,C.

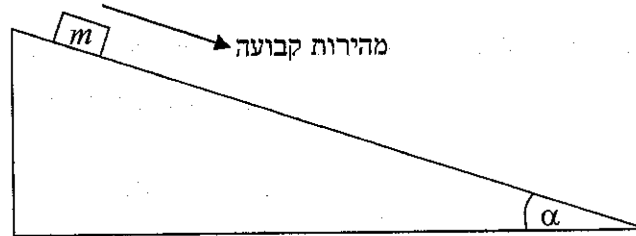
ד. מצא מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון), בכל אחת מהנקודות A,B,C.

ה. הסבר מדוע הגוף ילחץ על הקערה בנקודה C, בכוח הגדול מ- mg .

ו.(רשות) האם הגוף ילחץ על הקערה בכוח השווה ל- mg מעל הנקודה B, מתחתיה, או שהוא לא ילחץ על הקערה בכוח זה בכלל ?

שאלה 3

גוף שמסתו m מחליק במהירות קבועה על פני מדרון משופע שזווית נטייתו α.



א. שרטט את הכוחות הפועלים על הגוף וציין מהו כל כוח. מהו הכוח השקול הפועל על הגוף ? נמק!

שמים את הגוף בתחתית המדרון ומעניקים לו מהירות התחלתית v_0, שכיוונה מקביל למעלה המדרון. בשלב כלשהו הגוף נעצר ונשאר במקום.

ב. הסבר מדוע הגוף לא מחליק חזרה לאחר שנעצר.

ג. איזה מרחק לאורך המדרון עבר הגוף עד שנעצר ?

לאחר שהגוף נעצר מפעילים עליו כוח קבוע F המקביל למדרון במשך t שניות, והגוף מתחיל לנוע במורד המדרון.

ד. מהו גודל המהירות שאליה יגיע הגוף כעבור פרק הזמן t ? (הנח שהגוף עדיין לא הגיע לתחתית המדרון).

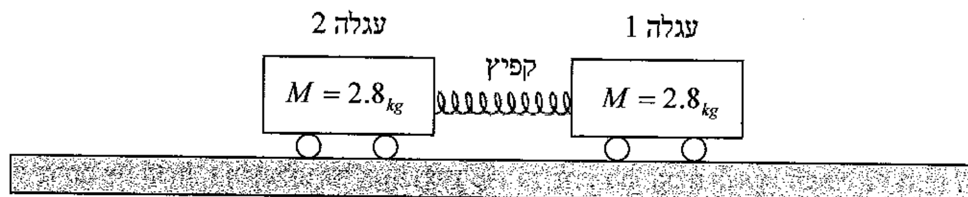
ה. האם הגוף יגיע לתחתית המדרון במהירות שמצאת בסעיף ד ? נמק!

ו.(רשות) 1. מצא את ההעתק שעבר הגוף עד רגע t.

2. הנח שעד רגע t הגוף נע מחצית מהדרך לתחתית המדרון, ושרטט גרף של הכוח השקול שפעל על הגוף כפונקציה של ההעתק שעבר, מהרגע שהכוח F פעל ועד שהגוף הגיע לתחתית המדרון. מה משמעות השטח מתחת לגרף שציירת ? מה ניתן להסיק ממנו ?

שאלה 4

במסגרת ניסוי שערך תלמיד, שתי עגלות, 1 ו- 2, מוחזקות במנוחה על מסילה אופקית חסרת חיכוך. מסת כל עגלה היא $M = 2.8_{kg}$. בין העגלות נמצא קפיץ בעל קבוע של $k = 140_{\frac{N}{m}}$, והוא מכווץ בשיעור של 0.3_m (ראה תרשים). הקפיץ נמצא במגע עם העגלות, אך אינו מחובר אליהן. זהו "המצב ההתחלתי". התלמיד משחרר את שתי העגלות (ממנוחה), והן נעות לאורך המסילה.



א. איזה (אילו) מבין ששת הגדלים 1-6 הרשומים להלן, נשמר(ים) במהלך תנועת העגלות, מן "המצב ההתחלתי" עד למצב שבו העגלות אינן במגע עם הקפיץ ?

1. האנרגיה המכנית הכוללת של שתי העגלות והקפיץ.
2. התנע הכולל של שתי העגלות.
3. התנע של עגלה 1.
4. האנרגיה הקינטית הכוללת של שתי העגלות.
5. האנרגיה הקינטית של עגלה 2.
6. האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית של הקפיץ.

ב. חשב את האנרגיה הקינטית הכוללת של העגלות, לאחר התנתקותן מן הקפיץ.

ג. מצא את גודל המהירות של עגלה 2, לאחר התנתקותה מן הקפיץ. נמק.

התלמיד מחזיר את המערכת ל"מצב ההתחלתי" (שיעור הכיווץ של הקפיץ שווה לשיעור הכיווץ של הקפיץ במצבו ההתחלתי), אך הפעם לעגלה 2 מוסיפים משקולת שמסתה $m = 4.4_{kg}$. התלמיד משחרר את שתי העגלות (ממנוחה).

ד. חשב את היחס בין גודל המהירות של עגלה 2 ובין גודל המהירות של עגלה 1, לאחר התנתקות העגלות מן הקפיץ.

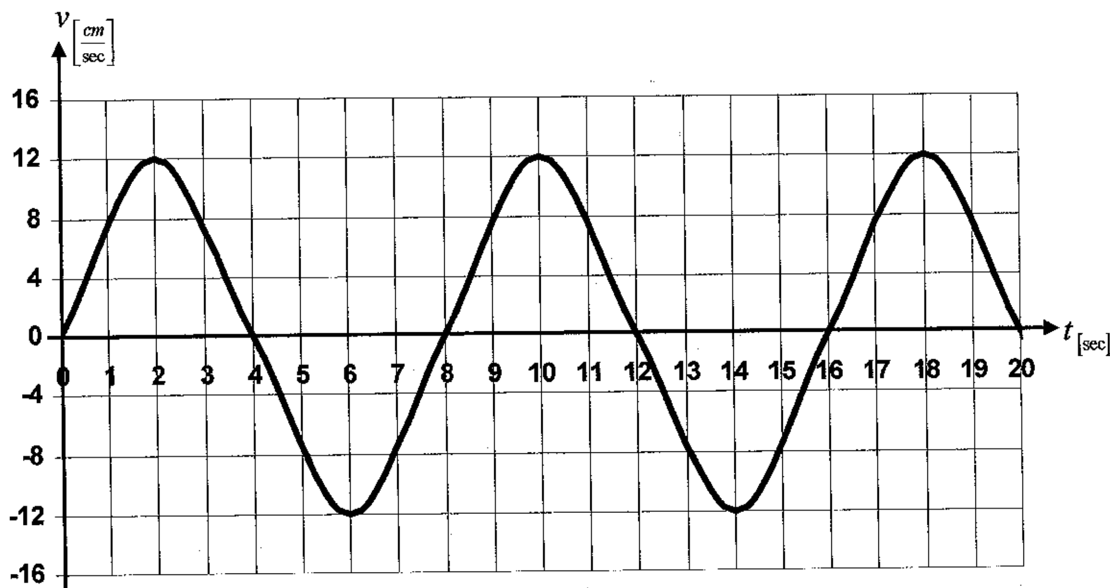
ה. חשב את גודל המהירות של עגלה 2, לאחר התנתקותה מן הקפיץ.

שאלה 5 (הרמונית)

קפיץ אנכי קשור בקצהו העליון לנקודה קבועה, ובקצהו התחתון קשורה משקולת. המשקולת מתנודדת.

הגרף שלפניך מציג את מהירות המשקולת כפונקציה של הזמן.

הכיוון החיובי של ציר המהירות מייצג תנועה של המשקולת כלפי מעלה.



א. שלושה תלמידים מתבוננים בגרף.

תלמיד א טוען, כי ברגע $t = 0$ אורך הקפיץ הוא מזערי (מינימלי).

תלמיד ב טוען, כי ברגע $t = 0$ אורך הקפיץ הוא מרבי (מקסימלי).

תלמיד ג טוען, כי ברגע $t = 0$ אורך הקפיץ הוא ממוצע של אורכו המזערי ואורכו המרבי.

מי משלושת התלמידים צודק ? נמק את בחירתך.

ב. מהי תדירות התנודות של המשקולת ?

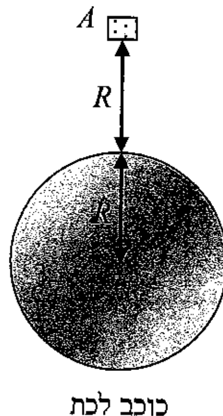
ג. מהי המשרעת (האמפליטודה) של התנודות.

ד. סרטט גרף שיתאר את מקום המשקולת כפונקציה של הזמן, עבור פרק הזמן מ- $t = 0$ עד לרגע שבו מסתיימות שתי תנודות של המשקולת. ראשיתו של ציר המקום תהיה בנקודת שיווי- המשקל של המשקולת, וכיוונו החיובי יהיה כלפי מעלה.

ה. תלמיד מדד בנקודה מסוימת את המהירות v_0 ואת התאוצה a של גוף המתנודד בתנועה הרמונית פשוטה. במטרה לחשב את המהירות v_1 של הגוף בנקודה אחרת, שההעתק שלה מהנקודה הקודמת הוא Δx, התלמיד השתמש בנוסחה $v_1^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$. האם התלמיד צדק בדרך חישובו ? נמק.

שאלה 6 (כבידה)

בתרשים שלפניך מתואר כוכב לכת דמיוני. לכוכב זה אין אטמוספירה, רדיוסו $R=10^6{}_m$ ותאוצת הנפילה החופשית על פניו היא $g=8\,\frac{m}{sec^2}$. גוף משוחרר ממנוחה מנקודה A , הנמצאת בגובה R (כרדיוס הכוכב) מעל פני הכוכב.



כוכב לכת

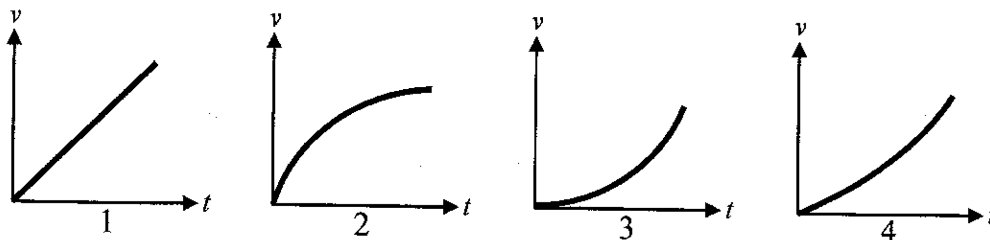
א. חשב את תאוצת הנפילה החופשית בנקודה A .

ב. סרטט גרף מקורב, המתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של מרחקו ממרכז הכוכב, בתנועתו מ- A עד פגיעתו בפני הכוכב. רשום את התבנית המתמטית עליה הסתמכת בסרטוטך.

ג.(רשות) היעזר בתאוצת הנפילה החופשית שעל פני הכוכב, ובתאוצת הנפילה החופשית בנקודה A , והוכח כי זמן נפילת הגוף מרגע שחרורו, עד רגע פגיעתו בפני כוכב הלכת, מקיים $500_{sec}<t<1{,}000_{sec}$

ד. חשב את המהירות שבה פוגע הגוף בפני הכוכב.

ה. איזה גרף מבין ארבעת הגרפים הבאים יכול לתאר בצורה הטובה ביותר את גודל מהירות הגוף מרגע שחרורו, ועד רגע פגיעתו בקרקע של הכוכב ?



ו.(רשות) היעזר בגרף שבחרת בסעיף ה, והראה שניתן לדייק יותר בהערכת זמן נפילת הגוף, כך שיתקיים :

$707_{sec}<t<1{,}000_{sec}$

פתרון סופי

מבחן מספר 15

קישור לפתרונות המלאים



פתרון שאלה 1

א. נבחר את ציר ה- x בכיוון תנועת המכונית, ואת ראשיתו בנקודה בה המכונית חולפת על פני הניידת העומדת בשולי הכביש. $x_1(t)=70+35t$

ב. $x_2(t)=2t^2$

ג. 1. $t_1=12.5_{sec}$

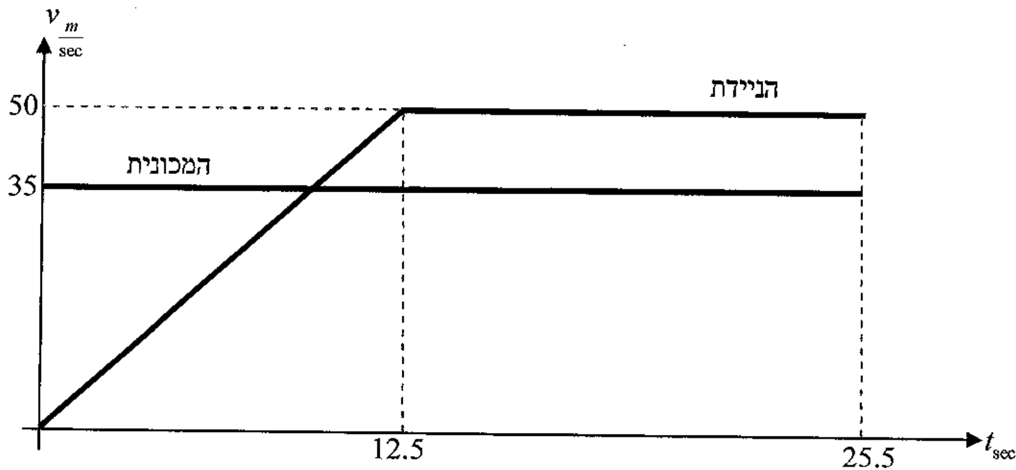
2. מיקומה של המכונית: $x_1(t)=70+35\cdot 12.5=507.5_m$

מיקומה של הניידת: $x_2(t)=2\cdot(12.5)^2=312.5_m$

הניידת עדיין לא השיגה את המכונית.

ד. $t_{total}=25.5_{sec}$

ה.



ו. המכונית עצרה כעבור 13_{sec} מהרגע שהשוטר סימן לה לעצור.

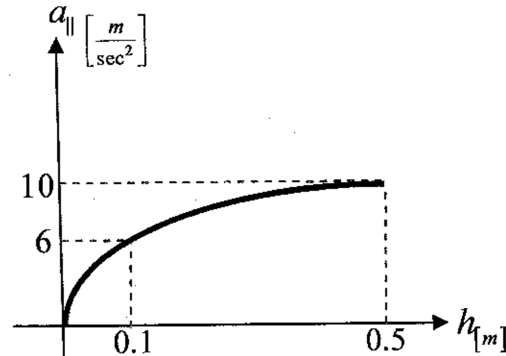
ז. $\Delta x_{max}=48.75_m$

פתרון שאלה 2

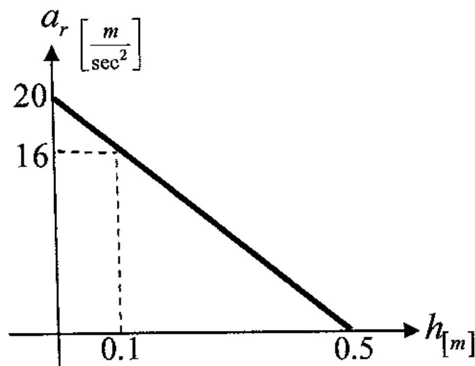
א. בנקודה C אין לגוף תאוצה משיקית, כי אין כוח בכיוון המשיקי, ולכן התאוצה הרדיאלית שם היא התאוצה השקולה שמרגיש הגוף.

ב. בנקודה A מהירות הגוף היא 0, ולכן התאוצה הרדיאלית היא 0, ואין כוח בכיוון הרדיאלי. לעומת זאת בציר המשיקי קיים כוח הכובד, ולכן הגוף מרגיש שם את תאוצת הכובד. התאוצה השקולה שמרגיש הגוף בנקודה A היא התאוצה המשיקית.

ג.



גודל התאוצה המשיקית כפונקציה של גובה הגוף מהקרקע.

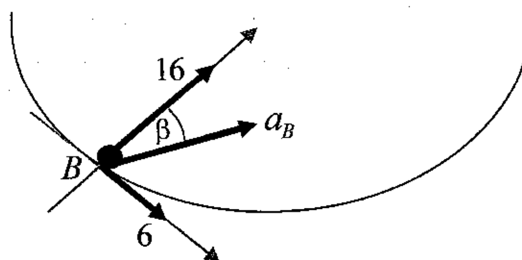


גודל התאוצה הרדיאלית כפונקציה של גובה הגוף מהקרקע.

ד. בנקודה A התאוצה השקולה היא התאוצה המשיקית : $a_A = 10 \frac{m}{sec^2}$ כלפי מטה.

בנקודה C התאוצה השקולה היא התאוצה הרדיאלית : $a_C = 20 \frac{m}{sec^2}$ כלפי מרכז המעגל.

התאוצה בנקודה B היא $a_B = 17.088 \frac{m}{sec^2}$, בכיוון $\beta = 20.556^\circ$, כמתואר בתרשים.



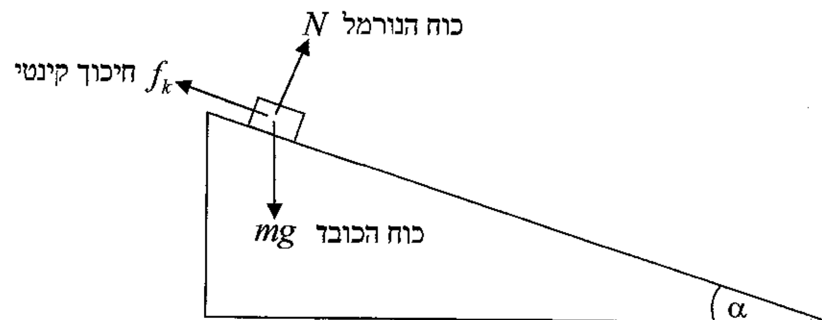
ה. $N = mg + \frac{mv^2}{R}$

הנורמל שווה ל- mg בתוספת גודל חיובי. לכן הכוח בו הקערה לוחצת על הגוף גדול מ- mg, ולפי החוק השלישי של ניוטון, גם הכוח שלוחץ הגוף על הקערה יהיה גדול מ- mg.

ו. הגוף לוחץ על הקערה בנקודה B בכוח $2.4mg$, ולכן הוא ילחץ בכוח mg מעל הנקודה B.

פתרון שאלה 3

א.



לפי החוק הראשון של ניוטון - אם גוף נשאר במצבו, הרי ששקול הכוחות הפועלים עליו הוא 0. לכן הכוח השקול הפועל על הגוף הוא 0.

ב. הגוף נעצר ולא מחליק חזרה, כי כוח החיכוך הסטטי המקסימלי מתגבר על הרכיב של כוח הכובד שמושך את הגוף חזרה מטה. לכן החיכוך מתאים את עצמו לרכיב של כוח הכובד המקביל למדרון, והגוף נשאר במנוחה.

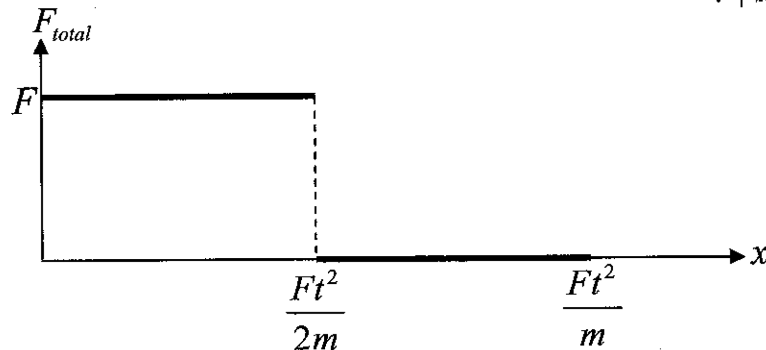
ג. $\Delta x = \frac{v_0^2}{4g\sin\alpha}$

ד. $v_t = \frac{Ft}{m}$

ה. לאחר שהכוח F חדל לפעול הגוף ימשיך לנוע במהירות קבועה, כי החיכוך הקינטי שווה בערכו לרכיב של כוח הכובד המקביל למדרון. לכן הגוף יגיע לתחתית המדרון באותה המהירות שחישבנו בסעיף ד.

ו. 1. $\Delta x = \frac{Ft^2}{2m}$

2. הגרף:



השטח מתחת לגרף נותן את עבודת הכוח השקול שפעל על הגוף, ששווה גם לשינוי באנרגיה הקינטית שרכש הגוף מהרגע שהכוח F החל לפעול.

פתרון שאלה 4

א. הגדלים הנשמרים במהלך תנועת העגלות הם:

1. האנרגיה המכנית הכוללת של שתי העגלות והקפיץ.
2. התנע הכולל של שתי העגלות.

ב. $E_{k,total} = 6.3_J$

ג. $|v| = 1.5_{\frac{m}{sec}}$

ד. $\left|\frac{v_2}{v_1}\right| = \frac{7}{18}$

ה. $|v_2| = 0.7_{\frac{m}{sec}}$

פתרון שאלה 5 (הרמונית)

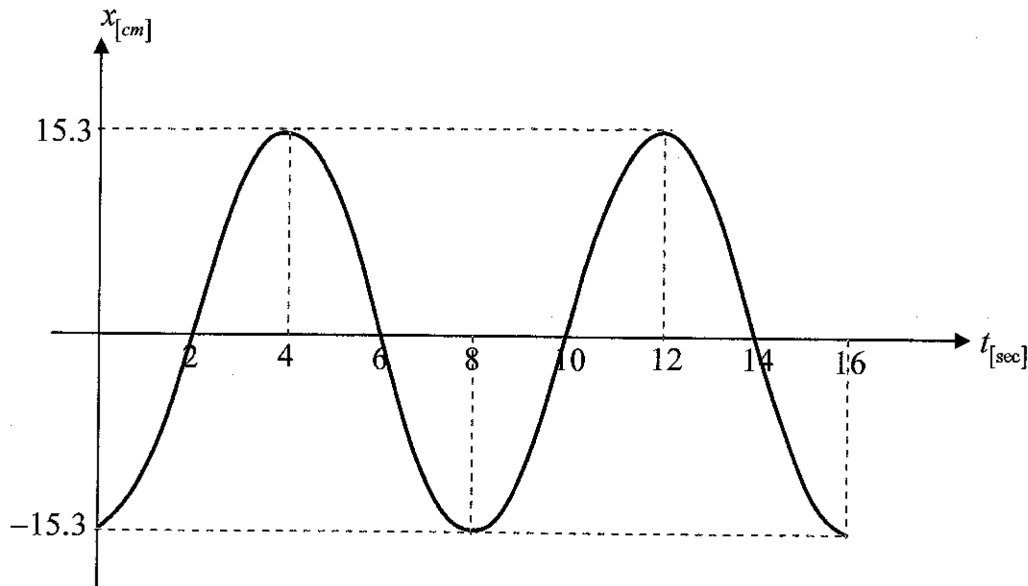
א. תלמיד ב צודק.

הסבר: ראשית, בהסתמך על הגרף, ברגע $t = 0$, מהירות המשקולת שווה ל- 0. המסקנה מכך היא שהמשקולת נמצאת באחת מנקודות הקצה של התנועה. שנית, בתחילת התנועה מהירות המשקולת חיובית (על פי הגרף), והכיוון החיובי כלפי מעלה, לכן היא נמצאת בקצה התחתון של תנועתה (ניתן לומר גם כי המשקולת נעה בתאוצה חיובית, שמעידה על היותה מתחת לנקודת שיווי המשקל). מכאן נובע שאורך הקפיץ ב- $t = 0$ הוא <u>מקסימלי</u>.

ב. $f = \frac{1}{8}_{Hz} = 0.125_{Hz}$

ג. $A = 15.3_{cm} = 0.153_{m}$

ד. הגרף :

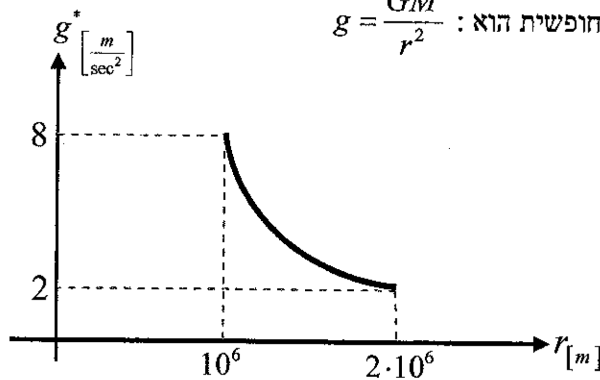


ה. הנוסחה $v_1^2 - v_0^2 = 2a\Delta x$, מתאימה עבור תנועת שוות-תאוצה. בתנועה הרמונית, שזו התנועה במקרה זה, התאוצה משתנה כפונקציה של הזמן, ולכן השימוש בנוסחה זו הוא שגוי.

פתרון שאלה 6 (כבידה)

א. $g_A^* = 2_{\frac{m}{sec^2}}$

ב. הביטוי לתאוצת הנפילה החופשית הוא : $g = \frac{GM}{r^2}$



ג. זמן נפילת הגוף מרגע שחרורו ועד רגע פגיעתו בקרקע מקיים : $500_{sec} < t < 1{,}000_{sec}$

ד. $v = 2{,}828_{\frac{m}{sec}}$

ה. <u>גרף מספר 4</u> הוא הגרף המתאים. הסבר :

שיפוע הגרף מתאר את תאוצת הגוף במהלך נפילתו. אנו יודעים כי התאוצה קטנה בנקודה A , וגדלה ככל שמתקרבים לפני הקרקע של הכוכב.

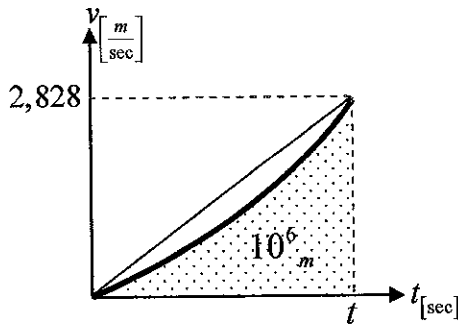
בגרף 1 השיפוע קבוע, ולכן גרף 1 לא מתאים.

בגרף 2 השיפוע גבוה בהתחלה ואח"כ מתמתן, ולכן גרף 2 לא מתאים.

בגרף 3 השיפוע בהתחלה הוא 0, וזה לא מתאים, כי יש תאוצה ברגע שחרור הגוף.

בגרף 4 השיפוע בהתחלה קטן, והוא גדל עם הזמן, ולכן זו התשובה המתאימה.

ו. השטח בין הגרף לציר הזמן נותן את העתק הגוף במהלך נפילתו.



השטח בין הגרף לציר הזמן הוא $R = 10^6{}_m$. שטח המשולש ישר הזווית שבציור, קצת יותר גדול מ $R = 10^6{}_m$, כי הגרף קעור כלפי מטה.

לכן :

$$\frac{2{,}828 \cdot t}{2} > 10^6$$

$$2{,}828 \cdot t > 2 \cdot 10^6$$

$$t > 707_{sec}$$

זמן הנפילה של הגוף גדול יותר מ- $t = 707_{sec}$, ובכך שיפרנו את החסם התחתון של זמן הנפילה.

לכן מתקיים: $707_{sec} < t < 1{,}000_{sec}$

נוסחאות

ונתונים

מכניקה

קינמטיקה - תנועה לאורך קו ישר

מהירות רגעית $v = \frac{dx}{dt}$

תאוצה רגעית $a = \frac{dv}{dt}$

תנועה שוות-תאוצה

$v = v_0 + at$

$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$

$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

מהירות של B ביחס ל- A

$v_{B,A} = v_B - v_A$

דינמיקה

משקל $w = mg$

חוק הוק (גודל כוח אלסטי) $F = k\Delta\ell$

גודל כוח חיכוך

סטטי $f_s \le \mu_s N$

קינטי $f_k = \mu_k N$

החוק השני של ניוטון $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

צפיפות חומר $\rho = \frac{m}{V}$

עבודה, אנרגיה והספק

עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי כוח F הקבוע בכיוונו

$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$

עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו

כאשר $\Delta s = |\Delta x|$, $W = F_x \Delta x = F\cos\theta\,\Delta s$

אנרגיה קינטית $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד)

$(U_G(h=0)=0)$ $U_G = mgh$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית

(במצב רפוי $U_{sp} = 0$) $U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2$

משפט עבודה-אנרגיה $W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$

עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים

(E — אנרגיה מכנית כוללת)

$W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$

הספק ממוצע $\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$

מתקף ותנע

מתקף של כוח משתנה $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}dt$

מתקף של כוח קבוע $\vec{J} = \vec{F}\Delta t$

תנע $\vec{p} = m\vec{v}$

נוסחת מתקף-תנע $\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta\vec{p}$

שימור תנע

$m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B$

בהתנגשות אלסטית חד-ממדית

$\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$

מודל של גז אידאלי

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולת גז אידאלי

$\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$

משוואת המצב של גז אידאלי $pV = NkT$

החוק הראשון של התרמודינמיקה
$\Delta U = Q + W$

תנועות מחזוריות

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

תנועה מעגלית

מהירות זוויתית ממוצעת $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

תאוצה צנטריפטלית (רדיאלית)

$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית
$v = \omega r$

תנועה הרמונית פשוטה

משוואת התנועה $-cx = ma$

$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$

נוסחת מקום-זמן $x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות $v = -\omega A\sin(\omega t + \phi)$

$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

תאוצה $a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi)$

$a = -\omega^2 x$

זמן המחזור $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$

מטוטלת פשוטה (מתמטית) $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

כבידה

החוק השלישי של קפלר $\left(\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

גודל כוח הכבידה $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית
$U_G = -\frac{GMm}{r}$ $\quad (U_G(r\to\infty) = 0)$

אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי

קינטית $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

כוללת $E = -\frac{GMm}{2r}$

טרנספורמציית שדה כבידה
$\vec{g}_B = \vec{g}_A - \vec{a}_{B,A}$

אלקטרומגנטיות

אלקטרוסטטיקה

חוק קולון (בריק) $F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}$

שדה חשמלי $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

גודל שדה חשמלי סביב מטען נקודתי
$E = k\frac{q}{r^2}$

גודל שדה חשמלי הנוצר על ידי לוח טעון
$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ $\quad \varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$

פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי
$V = k\frac{q}{r}$ $\quad (V(r\to\infty) = 0)$

אנרגיה פוטנציאלית חשמלית של מטען נקודתי
$U_E = qV$ $\quad (U_E(r\to\infty) = 0)$

אנרגיה של מוליך טעון $U = \frac{1}{2}QV$

הגדרת הקיבול	$C = \frac{Q}{V}$
קיבול של קבל לוחות	$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$
מתח חשמלי	$V_{AB} = V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot \vec{dr}$
גודל השדה החשמלי בין לוחות קבל	$E = \frac{V_{AB}}{d}$
אנרגיה של קבל טעון	$U = \frac{1}{2} C V_{AB}^2$
קיבול שקול של קבלים המחוברים בטור של קבלים המחוברים במקביל	 $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$ $C_T = \Sigma C_i$
זרם חשמלי	
זרם רגעי	$i = \frac{dq}{dt}$
חוק אום	$V_{AB} = RI$
התנגדות של תיל	$R = \rho \frac{\ell}{A}$
התנגדות שקולה של נגדים המחוברים בטור של נגדים המחוברים במקביל	 $R_T = \Sigma R_i$ $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i}$
עבודת הזרם החשמלי	$W_{A \to B} = V_{AB} It$
הספק חשמלי	$P = V_{AB} I$
מתח הדקים	$V_{AB} = \varepsilon - rI$
חוקי קירכהוף	$\Sigma\varepsilon = \Sigma IR \quad \Sigma I = 0$
מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי	$V_{AB} = \Sigma IR - \Sigma\varepsilon$
זרם רגעי בטעינת קבל או בפריקתו	$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

מתח רגעי בטעינת קבל	$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
מתח רגעי בפריקת קבל	$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
שדה מגנטי	
גודל כוח הפועל על מטען בשדה מגנטי	$F = qvB \sin\alpha$
גודל כוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי	$F = I\ell B \sin\alpha$
גודל הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים	$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$ $\frac{\mu_0}{2\pi} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$
גודל שדה מגנטי סביב תיל ישר וארוך במרכז סליל מעגלי דק (בעל רדיוס R ו- N כריכות) בתוך סילונית ארוכה (בעלת אורך L ו- N כריכות)	 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ $B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$ $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$
כא"מ מושרה	
שטף מגנטי דרך משטח α – הזווית בין השדה לנורמל למשטח	$\phi_B = BA\cos\alpha$
כא"מ מושרה	$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$
כא"מ מושרה בתיל מוליך $\ell_\perp$ – היטל התיל על הכיוון הניצב למהירות $B_\perp$ – רכיב השדה המגנטי בכיוון ניצב למישור התנועה	$\varepsilon = v\ell_\perp B_\perp$
כא"מ מושרה במחולל	$\varepsilon = -NBA\omega \sin(\omega t)$
שנאי אידאלי	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$

נוסחאות ונתונים

קרינה וחומר

אופטיקה גאומטרית

חוק סנל	$n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2$
נוסחת העדשות	$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$
הגדלה קווית	$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{\lvert v\rvert}{\lvert u\rvert}$
עוצמת עדשה	$C = \frac{1}{f}$

גלים מכניים ואלקטרומגנטיים

מהירות גל מחזורי $v = \lambda f$

חוק השבירה $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים

$$\ell = n\frac{\lambda}{2}$$

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי־מופע

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{d}$$

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי־מופע

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n - \frac{1}{2})\frac{\lambda}{d}$$

נוסחת יאנג $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה

$$\sin\theta_n = n\frac{\lambda}{d} = nN^*\lambda$$

קווי צומת בעקיפה בסדק יחיד

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{w}$$

אנרגיה של פוטון $E_{ph} = hf$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(\text{Å})} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

אפקט פוטואלקטרי $E_{ph} = E_k + B$

האטום והגרעין

הנחות בוהר

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$$

$$E_{ph} = \lvert E_f - E_i \rvert$$

רמות אנרגיה באטום מימן

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \qquad (U_\infty = 0)$$

$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6\ eV$$

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום המימן

$$r_n = r_1 n^2$$

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529\ \text{Å}$$

נוסחת דה־ברויי $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$

עקרון אי־הוודאות $\Delta x \Delta p \geqslant \frac{h}{4\pi}$

שקילות מסה-אנרגיה $\Delta E = \Delta mc^2$

$$\Delta E(MeV) = \Delta m(u) \cdot 931.494\ \frac{MeV}{u}$$

דעיכה של מקור רדיואקטיבי

$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ — λ — קבוע הדעיכה

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

פעילות של מקור רדיואקטיבי $R = \lambda N$

זמן מחצית החיים $T_{1/2} = \frac{\ell n2}{\lambda}$

פעילויות מעבדה

הקירוב הסטנדרטי של אוילר:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t$$

$$v_{n+1} \approx v_n + a_n \Delta t$$

הקירוב של טיילור מסדר שני:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t + \frac{1}{2} a_n \Delta t^2$$

$$v_{n+1} \approx v_n + \frac{1}{2}(a_n + a_{n+1}) \Delta t$$

קבועים בסיסיים

(ערכי הקבועים רשומים בדיוק נמוך מהדיוק הניסיוני הידוע, ומשמשים לבחינת בגרות.)

שם הקבוע	סימון	יחידות	ערך
קבוע הגרביטציה	G	$N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$	$6.67 \cdot 10^{-11}$
המקדם בחוק קולון	k	$N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$	$9 \cdot 10^{9}$
מהירות האור בריק	c	$m \cdot s^{-1}$	$3 \cdot 10^{8}$
פרמיאביליות הריק	μ_0	$H \cdot m^{-1}$	$1.257 \cdot 10^{-6}$
דיאלקטריות הריק	ε_0	$F \cdot m^{-1}$	$8.85 \cdot 10^{-12}$
המטען החשמלי היסודי	e	C	$1.60 \cdot 10^{-19}$
קבוע פלאנק	h	$J \cdot s$ $eV \cdot s$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ $4.14 \cdot 10^{-15}$
מסת אלקטרון	m_e	kg	$9.11 \cdot 10^{-31}$
מסת פרוטון	m_p	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
מסת נויטרון	m_n	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
קבוע בולצמן	k	$J \cdot K^{-1}$	$1.38 \cdot 10^{-23}$
קבוע אבוגדרו	N_A	mol^{-1}	$6.02 \cdot 10^{23}$

פירוש קיצורי היחידות

סימן	יחידה
m	מטר
Å	אנגסטרם
kg	קילוגרם
g	גרם
u	יחידת מסה אטומית
s	שנייה
h	שעה
N	ניוטון

סימן	יחידה
J	ג'ול
eV	אלקטרון וולט
MeV	מיליון אלקטרון וולט
W	ואט
mol	מול
°C	מעלת צלזיוס
K	קלווין
C	קולון

סימן	יחידה
F	פרד
A	אמפר
Ω	אום
V	וולט
T	טסלה
H	הנרי
Hz	הרץ
Pa	פסקל

קשרים בין יחידות

<u>אורך</u>

$1\text{Å} = 10^{-10}\,\text{m}$

$1\,\text{nm} = 10^{-9}\,\text{m}$

<u>מסה</u>

$1\text{u} = 931.494\dfrac{\text{MeV}}{c^2} = 1.66\cdot 10^{-27}\,\text{Kg}$

<u>תנע</u>

$1\dfrac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}} = 1.87\cdot 10^{21}\,\dfrac{\text{MeV}}{c}$

<u>אנרגיה</u>

$1\text{eV} = 1.6\cdot 10^{-19}\text{J}$

<u>לחץ</u>

אטמוספרה $1 = 1.01\cdot 10^{5}\,\dfrac{\text{N}}{\text{m}^2}$

<u>מעבר מקלווין למעלות צלזיוס</u>

$t_C = T_K - 273$

נוסחאות מתמטיות

היקף מעגל	$2\pi R$	נפח כדור	$\frac{4}{3}\pi R^3$
שטח עיגול	πR^2	לזוויות קטנות	$\sin\theta \approx \text{tg}\,\theta$
שטח פני כדור	$4\pi R^2$	לזוויות קטנות ברדיאנים	$\sin\theta \approx \theta$

נתונים על אודות השמש והירח

	מסה (kg)	רדיוס (m)	רדיוס מסלול ממוצע סביב כדור הארץ (m)	זמן מחזור (יממות)
שמש	$1.99 \cdot 10^{30}$	$6.96 \cdot 10^{8}$	------	------
ירח	$7.35 \cdot 10^{22}$	$1.74 \cdot 10^{6}$	$3.84 \cdot 10^{8}$	27.3

נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

כוכב לכת	מסה (10^{24} kg)	רדיוס (10^{6} m)	רדיוס מסלול ממוצע (10^{6} km)	זמן מחזור (שנים)
כוכב חמה (Mercury)	0.330	2.44	57.9	0.2408
נוגה (Venus)	4.869	6.05	108.2	0.6152
ארץ (Earth)	5.974	6.38	149.6	1.00
מאדים (Mars)	0.642	3.40	227.9	1.881
צדק (Jupiter)	1899.1	71.4	778.3	11.86
שבתאי (Saturn)	568.6	60.0	1427.0	29.46
אורנוס (Uranus)	86.98	26.1	2871.0	84.01
נפטון (Neptun)	103	24.3	4497.1	164.8

המסות של חלקיקים ואטומים אחדים

החלקיק	המסה ב—u	המסה ב— $\frac{MeV}{c^2}$
אלקטרון	0.000549	0.511
פרוטון	1.007276	938.272
נויטרון	1.008665	939.566

האטום	המסה ב—u
מימן ^{1}H	1.007825
דויטריום ^{2}H	2.014101
הליום ^{4}He	4.00260
ליתיום ^{7}Li	7.01601
פחמן ^{12}C	12.00000